



**KURŞUN STRESİNİN PATLICANDA TİCARİ ANAÇLAR VE BAZI
YEREL GENOTİPLERİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mevlûde Nur TOPAL

**YÜKSEK LİSANS
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2018

Mevlüde Nur TOPAL tarafından hazırlanan “KURŞUN STRESİNİN PATLICANDA TİCARİ ANAÇLAR ve BAZI YEREL GENOTİPLERİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi BİYOLOJİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Murat EKİCİ

Biyoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

İkinci Danışman: Prof. Dr. Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Rukiye TIPIRDAMAZ

Biyoloji Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Hayri DUMAN

Biyoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. M. Erkan UZUNHİSARCIKLI

Biyoloji Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 09/07/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mevlûde Nur TOPAL

09/07/2018

KURŞUN STRESİNİN PATLICANDA TİCARİ ANAÇLAR VE BAZI YEREL
GENOTİPLERİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mevlüde Nur TOPAL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2018

ÖZET

Ağır metal toksisitesi günümüzdeki en ciddi çevre problemlerinden biridir. Ağır metallerin yüksek konsantrasyonları bitkiler ve toprakta yaşayan diğer tüm organizmalarda toksik etki yaratır. Bu zararlı etkiler bitkinin gelişme evresinde ve sonrasında birçok fizyolojik ve biyokimyasal zararlara sebep olur. Bitkilerde toksik etki yaratan ağır metallerden biride kurşun (Pb) metalidir ve bitkilerde birçok zarara sebep olur. Biyotik stres ajanlarına direnç sağlamak için kullanılan anaçlar, abiyotik stres kaynaklarından biri olan ağır metal stresi için de bir çözüm olarak görülmüştür. Bu tez çalışmasının amacı, yerel gen kaynaklarından geliştirilmiş olan ıslah hatlarının, Kurşun(Pb) ağır metali stresine karşı olan tepkilerini saptamaktır. Genotiplerinin kurşun (Pb) stresine karşı dayanım durumları belirlenirken ticari olarak üretilmiş patlıcan anaçları ile kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışmada 4 kültür patlıcanı (*S. melongena*: Burdur Merkez, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa ıslah hatları ve Kemer çeşidi) ve 6 adet yabancı patlıcan türü veya hibritlerinden oluşmuş olan anaçlar (AGR-703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 ve Vista-306) kullanılmıştır. Patlıcan fideleri 4-5 gerçek yaprak aşamasına geldikten sonra bitkilere 0, 150 ve 300 ppm Pb çözültisi ($Pb(NO_3)_2$) uygulanmış ve uygulama 20 gün sürdürülmüştür. Hasat edilen bitkilerde ve yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök uzunluğu ve gövde yüksekliği, klorofil ve mineral element analiz miktarları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Köksal F1 ve AGR-703 anaçlarının Pb toleransı diğer ticari anaçlara göre daha yüksek bulunmuştur. Abiyotik stres toleransı yüksek Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez genotiplerinin kurşun dozu arttıkça toleransları azalmıştır. Artvin Hopa ve Kemer ise diğer anaçlara göre en çok etkilenen genotipler olmuştur.

Bilim Kodu : 20304

Anahtar Kelimeler : Ağır metal, abiyotik stres, genotip, kurşun, *Solanum* sp.

Sayfa Adedi : 75

Danışman : Prof. Dr. Murat EKİCİ

İkinci Danışman : Prof. Dr. Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU

EFFECTS OF LEAD STRESS ON THE EGGPLANT ROOTSTOCKS AND
DEVELOPMENT OF SOME GENOTYPE

(M. Sc. Thesis)

Mevlüde Nur TOPAL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2018

ABSTRACT

Heavy metal toxicity is one of the most serious environmental problems today. High concentrations of heavy metals cause toxic effects in plants and in all other organisms living in the soil. These adverse effects cause many physiological and biochemical damages in the developmental phase of the plant and afterward. One of the heavy metals that cause toxic effects in plants is lead (Pb) metal and causes many damages in plants. Rootstocks used to provide resistance to biotic stress agents have also been seen as a solution for heavy metal stress, one of the abiotic stress sources. In this thesis study, it is aimed to determine the responses of the improvement lines developed from the local gene sources to Lead (Pb) heavy metal stress. While the resistance of the genotypes to lead (Pb) stress was determined, comparisons were made with commercially produced eggplant rootstocks. In this study, 4 rootstocks (*S. melongena*: Burdur Merkez, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa and Kemer) and 6 wild eggplant species and hybrids (AGR-703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 and Vista-306) were used. The eggplant seedlings were reached the 4-5 real leaf stage, and then of 0, 150 and 300 ppm Pb solution (Pb (NO₃)₂) was applied to the plants and the application continued for 20 days. The plants then harvested and the wet and dry weight of green parts, root wet and dry weight, root and stem height, chlorophyll analysis and mineral element analysis quantities were determined. Pb tolerance of Köksal F1 and AGR-703 rootstocks were higher than other commercial rootstocks. The genotypes of Mardin Kızıltepe and Burdur Merkez have high tolerances against abiotic stress and they respectively gave lower values. Artvin Hopa and Kemer are affected most by other rootstocks.

Science Code : 20304

Key Words : Heavy metal, Abiotic stress, Genotype, Lead, *Solanum* sp.

Page Number : 75

Supervisor : Prof. Dr. Murat EKİCİ

Co-Supervisor : Prof. Dr. Şeküre Şebnem ELLİALTIOĞLU

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında beni yönlendiren ve yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Murat EKİCİ'ye (Gazi Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı), beni yönlendiren ve yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen ikinci danışman hocam Prof. Dr. Őekre Şebnem ELLİALTIOğLU'na (Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı) teşekkür ederim.

Tez sürecimde yardımlarını esirgemeyen ve tezimin her aşamasında emeği olan Dr. Sevinç USLU KIRAN'a (Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü) teşekkür ederim.

Sevgili aileme her zaman beni destekledikleri ve yanımda oldukları için teşekkür eder ve minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Toprak Kirliliği ve Ağır Metaller.....	5
2.1.2. Bitkilerde ağır metal stresine karşı geliştirilen uyum mekanizmaları	8
2.1.3. Bitkilerde ağır metal stresi kaynak bildirişleri	11
2.2. Kurşun ile İlgili Genel Bilgiler	15
2.2.1. Bitkilerde kurşun stresi.....	16
2.3. Patlıcan.....	19
2.3.1. Sebze üretiminde kullanılan anaçlar	19
3. MATERYAL VE METOD	25
3.1. Materyal	25
3.2. Metod	25
3.2.1. Saksı denemeleri.....	26
3.2.2. Ölçüm ve analizler.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33

	Sayfa
4.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Bulgular	33
4.1.1. Yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlıkları ile ilgili bulgular	33
4.1.2. Yeşil aksam ve kök gövde boyunda meydana gelen değişimler	38
4.2. Fizyolojik Gelişim ile İlgili Bulgular	40
4.2.1. Klorofil içeriği ile ilgili bulgular	40
4.2.2. Mineral element analizleri	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	59
5.1. Tartışma	59
5.2. Sonuç	64
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Patlıcan anaçlarının tür ve özellikleri	22
Çizelge 3.1. Denemelerin yapıldığı tarih aralıkları	26
Çizelge 4.1. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan yeşil aksam anaç ve genotiplerinin fiziksel özelliklerindeki % değişimler	33
Çizelge 4.2. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan kök anaç ve genotiplerinin fiziksel özelliklerindeki % değişimler	36
Çizelge 4.3. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan kök ve gövde boyu % değişimler.....	39
Çizelge 4.4. Kurşun stresi altında patlıcan anaç ve genotiplerinin klorofil içeriği	41
Çizelge 4.5. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Ca içeriğinde meydana gelen değişiklikler	43
Çizelge 4.6. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki K içeriğinde meydana gelen değişiklikler	45
Çizelge 4.7. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Fe içeriğinde meydana gelen değişiklikler	47
Çizelge 4.8. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Mn içeriğinde meydana gelen değişiklikler	49
Çizelge 4.9. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Zn içeriğinde meydana gelen değişiklikler	51
Çizelge 4.10. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Pb içeriğinde meydana gelen değişiklikler	53
Çizelge 4.11. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Cu içeriğinde meydana gelen değişiklikler	55
Çizelge 4.12. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Mg içeriğinde meydana gelen değişiklikler	57

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye’deki üretilen bitkisel ürünlerin 2016 ve 2017 verileri	3
Şekil 2.1. Şematik olarak ağır metallerin doğaya geçiş faktörleri	7
Şekil 4.1. Patlıcan anaç ve genotiplerinin yeşil aksam yaş ağırlık miktarı.....	34
Şekil 4.2. Patlıcan anaç ve genotiplerinin yeşil aksam kuru ağırlık miktarı.....	35
Şekil 4.3. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök yaş ağırlık miktarı.....	37
Şekil 4.4. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök kuru ağırlık miktarı.....	37
Şekil 4.5. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde boyu miktarı.....	40
Şekil 4.6. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök boyu miktarı	40
Şekil 4.7. Patlıcan anaç ve genotiplerinin klorofil miktarı	42
Şekil 4.8. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Ca içerikleri	44
Şekil 4.9. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde K içerikleri	46
Şekil 4.10. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Fe içerikleri	48
Şekil 4.11. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Mn içerikleri	50
Şekil 4.12. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Zn içerikleri	52
Şekil 4.13. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Pb içerikleri.....	54
Şekil 4.14. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Cu içerikleri	56

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. (a-b). Araştırmada kullanılan patlıcan fidelerinin görüntüleri	25
Resim 3.2. (a-b). Saksıya dikilen patlıcan fidelerinin seradaki görünümü.....	26
Resim 3.3. Farklı anaç (a,b,c,d) ve genotiplerin (g,h,i,i) kontrol ve Pb uygulamalarından görüntüler	27
Resim 3.4. Bitkilere hazırlanan $Pb(NO_3)_2$ hazırlanması ve uygulanmasından görüntüler	28
Resim 3.5. Hasat sonrası bitkilerin yaş ağırlıklarının belirlenmesinden bir görüntü	29
Resim 3.6. Bitkilerin gövde ve kök boyları belirlenmesinden bir görüntü	30
Resim 3.7. Klorofilmetre ile bitkilerin klorofil miktarı belirlenirken alınmış bir görüntü.....	30

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

CO₂

Karbon dioksit

°C

Santigrat

NO₃

Nitrik asit

O₂

Oksijen

ppm

Milyonda bir birim

Kısaltmalar

Açıklamalar

ATP

Adenin trifosfat

DNA

Deoksiribo nükleik asit

EPA

Çevre koruma ajansı

FAO

Birleşmiş milletler gıda tarım örgütü

REACH

Avrupa birliği kimyasal kısıtlama mevzuatı

ROS

Reaktif oksijen türleri

SNP

Tek gen mutasyon tespiti

SOD

Süperoksit dismutaz

TUIK

Türkiye istatistik kurumu

WHO

Dünya sağlık örgütü

1. GİRİŞ

Toprak, su, bitki ve hava; ışık, sıcaklık ve nem gibi faktörlerle sürekli etkileşim içindedir. Hava, su ve toprak arasında doğal koşullar altında bir denge söz konusudur. Bu denge bozulmadıkça çevredeki canlılık ve süreklilikte bir sorun oluşmaz. Fakat bu unsurlardan birinde bir bozulma olduğunda, zincirleme bir şekilde diğer unsurlar da etkilenir ve doğal denge ciddi bir şekilde zarar görür (Çay, 2014).

Günümüzde endüstriyel aktivitelerin yüksek oranda artması ile birlikte ciddi miktarda organik ve inorganik bileşikler çevreye yayılmaktadır. Toprak kirliliği ise endüstriyel aktivitenin en büyük yan etkisidir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte toprak kirlenmesi de tüm dünya da ortaya çıkan büyük çevre problemlerinden birisi haline gelmiştir. Hem çevre hem de doğal kaynakların korunması çevre kirliliğinin önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Aynı zamanda endüstriyel kaynaklı olarak kirlenmiş alanların temizlenmesi çevre kirliliklerinin hem azaltılması hem de çözümü için büyük önem taşır.

Bitkiler çevrenin kirlenmesine sebep olan unsurların hepsinden etkilenir ve bunların tamamı bitkilerde strese neden olur. Stres bir bitkinin fizyolojisini etkiler, genetik potansiyellerini değiştirir, verimliliklerini azaltır ve hatta ölümlerine yol açarak ürün kayıpları neden olur. Ağır metal kirliliğinin birçok nedeni vardır. Bunlar antropojenik veya doğal kaynaklı olabilir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar ağır metallerin çevreye yayılmasına sebep olan etmenlerin başında gelir (Evans ve Furlong, 2003).

Toprak ve suya karışan ve buralarda biriken kirleticiler, mikrobiyal aktivitenin toprak verim ve kalitesinin azalmasına dolayısıyla ürün kayıplarına hatta besin zinciri yoluyla çevre ve insan sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bu kirleticilerden biri olan ve yoğun olarak toprağa ve suya karışan kirleticilerden biri de ağır metallerdir. Scheffer ve Schachtschabel (1989) yaptıkları bir araştırmada ağır metallerin topraktaki en kirletici madde olduğu ve doğal kaynaklar üzerindeki ağır metal yoğunluğunun da gittikçe arttığını bildirmişlerdir.

Bu konu ile ilgili olarak Çevre ve Orman Bakanlığı ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yayınlanan bildiriye göre toprakta bulunan ağır metal miktarlarının sınır değerleri Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ağır metallerin sınır değerleri

Ağır Metal	PH 5-6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır*	50	140
Nikel*	30	75
Çinko *	150	300
Civa	1	1,5

*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir. Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda ise bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Yapılan bir araştırmada Maure nehrinde gerçekleşen selden sonra toprakta bulunan ağır metal konsantrasyonları araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Selin ardından tarlada bulunan yapraklı, kök sebzeler ve baklagiller hasat edildikten sonra bünyelerinde bulunan ağır metal miktarları saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en fazla toksik etkiyi Pb, Cd ve Zn ağır metalleri tarafından gerçekleştirilmiştir ve en çok etkilenen marul bitkisi olmuştur (Albering ve diğerleri, 1999).Tüm dünyada toprakların tüm stres faktörlerinden korunması ve bunun ile ilgili çalışmalar yapılması gerektiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Toprak tarımın en önemli faktörüdür ve doğadaki tüm canlılar için hayati önem taşır.

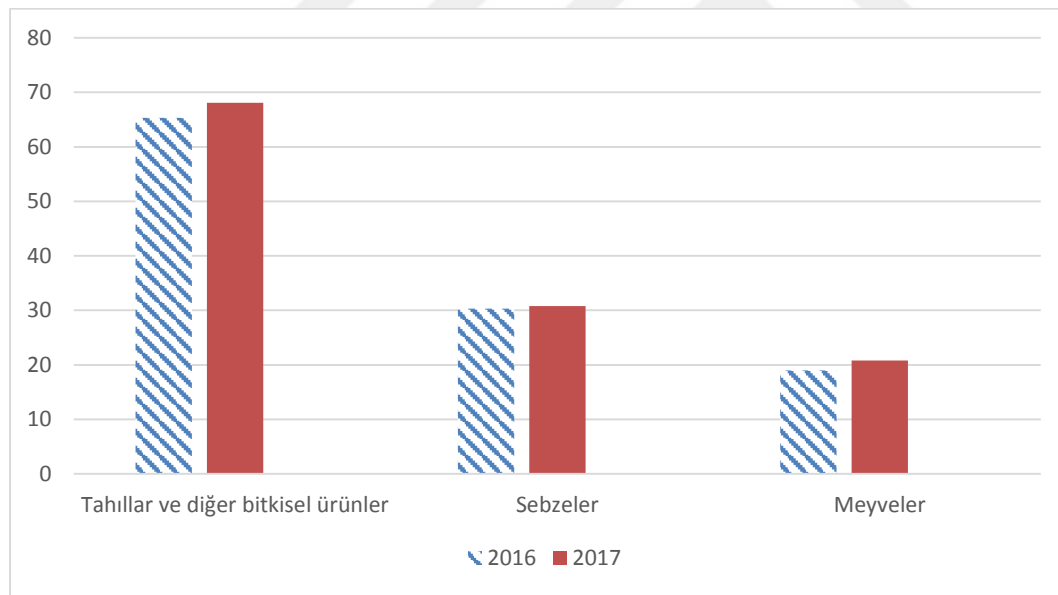
Topraktan elde edilen ürünlerinde verim ve kalitesi toprağın ne kadar sağlıklı olduğu ile alakalıdır. Ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi toprak kalitesini korumak ve elde edilen tarım ürünlerinin üretiminin sağlıklı bir şekilde yapılması büyük önem taşır. Türkiye'de tarım her zaman Türk ekonomisinin önde gelen sektörlerinden biri olmuştur ve sebze üretimi yılda yaklaşık 27,2 milyon tondur. Bu oranda dünya sebze üretiminin yaklaşık %

3'üne eşittir. Dünya düzeyinde Türkiye; ABD, Çin ve Hindistan'dan sonra üretim ile ilgili üçüncü veya dördüncü sıradadır. FAO ve WHO standartlarından bile daha yüksek olan 275 kg sebze ile kişi başına düşen sebze tüketimi ile birinci sırada yer alır (TURKSAT 2012).

Türkiye istatistik kurumu 2017 verilerine göre bitkisel ürünlerin üretim miktarında bir önceki seneye göre artış olduğu belirlenmiştir. Elde edilen ürün miktarı, 2017 yılında 2016 yılında elde edilen verilere göre;

- tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde %4,2,
- sebzelerde %1,8,
- meyvelerde %9,7 oranında artış göstermiştir.

Üretim miktarları 2017 yılında tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde 68 milyon 61 bin ton, sebzelerde 30 milyon 826 bin ton ve meyvelerde 20 milyon 809 bin ton olarak belirlenmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Türkiye'deki üretilen bitkisel ürünlerin 2016 ve 2017 verileri

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiyede de endüstriyel kirlenme tarımsal üretimi sınırlandırıcı etki yapmaktadır. Toprak ve su kirlenmesine karşı kültür bitkilerini sağlıklı olarak yetiştirilmesini sağlamak amacıyla bazı kültürel önlemler alınabilmektedir. Bunların başında anaç kullanımı ve aşılı bitki yetiştirme gelmektedir. Ağır metal kirliliğine karşı anaçların koruyucu etkisi önemli avantajlar sağlayabilecektir. Bu çalışmanın temel amacı,

sebzelerde farklı anaçların ağır metal stresi altında kültür bitkisi yetiştiriciliğine ne düzeyde yardımcı olabileceğini belirlemektir. Bu çerçevede bitki olarak patlıcan, farklı kökenli anaç genotipleri ve ağır metal olarak da kurşun(Pb) seçilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Toprak Kirliliği ve Ağır Metaller

Toprak, ana materyal olan kayaların, bitkisel ve hayvansal kökenli olan organik atıkların, uzunca bir süreç sonucunda birçok kimyasal, fiziksel ve biyolojik olaylarla parçalanıp ayrışması ile ortaya çıkan ve değişimleri zaman içerisinde devam eden doğal bir varlıktır (Çay, 2014). Toprak, dünyada insanların, bitkilerin ve hayvanların üzerinde yaşadıkları ve hayatlarını devam ettirdikleri en önemli alanlardan biridir.

Toprak kirliliği, artan teknolojik ve endüstriyel faaliyetlere paralel olarak tüm dünyada ortaya çıkan en ciddi çevresel problemlerden birisidir. İnsan faaliyetleri ile oluşan birçok bileşiğin toprağa karışması ile karışan miktarların da toprağın özümleme kapasitesinden fazla olması toprak verimin düşürür. Bu bileşiklerin toprakta yaşayan canlılara, toprakta yetişen ve yetiştirilen bitkilerle beslenen diğer canlılara zarar verecek ve toksik etkide bulunacak düzeyde olmasıyla toprak kirliliği ortaya çıkar (Taşınır Kayıt Kontrol Yetkilisi, 2005).

Tarım ve diğer alanlardaki zararlı böcekleri, otları ve mantarları yok etmede kullanılan kimyasalların tamamı kalıcı organik kirleticilerin büyük bir bölümünü oluşturur. Zararlı ot ve mantar mücadelesi için kullanılan birçok tarım ilaçlarının yapılarında metaller de bulunmaktadır. Organik maddeler, başta plastik olmak üzere çeşitli endüstriyel üretimlerde kullanılmakta veya bu üretimler sonucunda atık meydana getirmektedir (Çay, 2014).

Tarımsal alanlarda uygulanan sodyum, fosfor, potasyum (N-P-K) uygulamasıyla sağlanan ürün artışı, topraklardan yoğun derecede alınan eser element miktarlarını da artırmaktadır. Bu aşırı sömürme sonucu da topraklar, bitkilerin iz element gereksinimini karşılayamayacak duruma gelirler. Ayrıca sürekli olarak fosforlu ve kalsiyumlu gübre kullanımıyla toprakta bulunan bazı iz elementlerin faydalığı azalabilmektedir. Topraklar, metaller bakımından biyolojik zincirin sadece bir parçasıdır. Ayrıca topraklar, bu bileşiklerin yüksek miktarlarının en son depolama bölgesidir.

Kirlenmiş bir toprağı, doğal haline getirmek ise hem ekonomik hem de teknik olarak zordur. Bu sebeple kirlilik potansiyeli olan kaynakların zamanında belirlenmesi ve önleyici

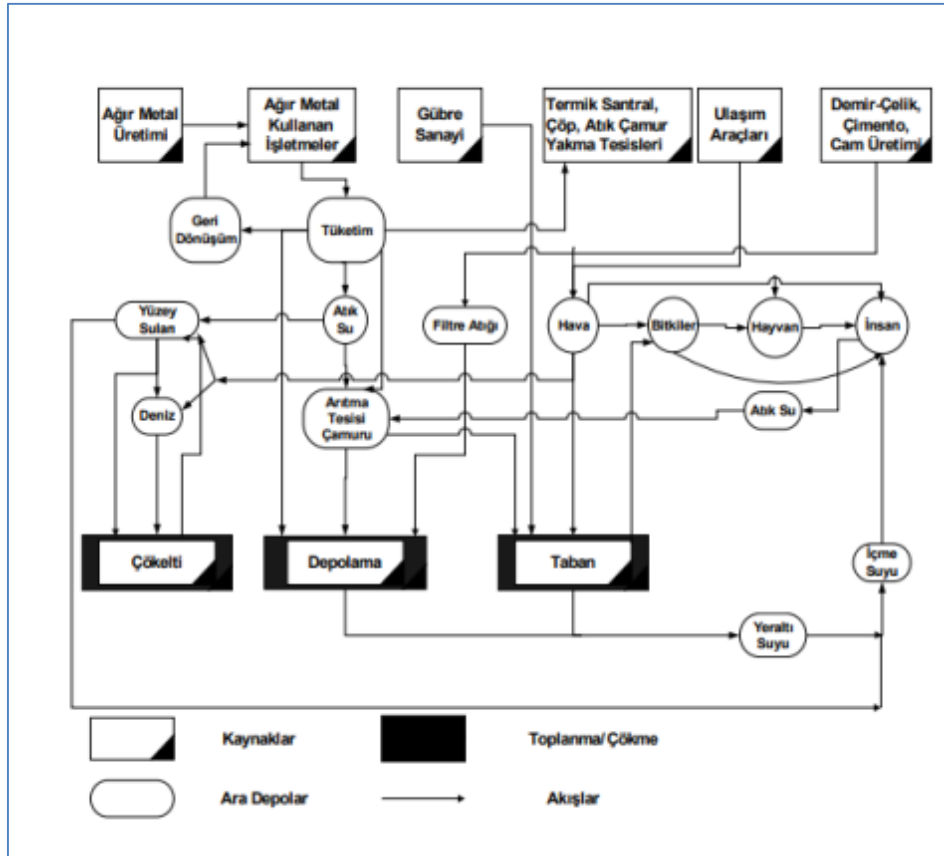
tedbirlerin alınması son derece önemlidir (Dökmeci ve diğerleri, 2017). Periyodik çizelgede yoğunluğu 5 g cm^{-3} 'den büyük ve atom ağırlığı 50 ve daha büyük olan elementler ağır metal olarak adlandırılır (Nagajyoti ve diğerleri, 2010; Dağhan, 2011). Pb, Cd, Cr ve Hg gibi ağır metaller canlılar için mutlak gerekli değildir ve eser miktarları bile toksik etki yaratır. Bazı ağır metaller düşük dozlarda canlılar için gereklidir. Bu ağır metaller; Ni, Cu, Zn, Cr, Mn, Mg, Fe, Mo'dur ve bunlara "iz" ya da "eser" element denir (Somers, 1974).

Ağır metallerin çevreye yayılması çevrenin kirlenmesine neden olur ve insan kaynaklı olarak ağır metaller tarafından çevrenin kirlenmesi tüm dünyanın araştırdığı ve çözüm yolları aradığı ciddi bir konudur. Son yıllarda ağır metallerle ilgili yoğun bir şekilde araştırmacıların üzerinde çalıştıkları konular ise şunlardır:

- a) ağır metallerin kaynakları ve davranışları,
- b) çevre ve insan sağlığı üzerinde yarattığı etkiler,
- c) ağır metaller tarafından kirlenmiş alanların tespit edilmesi,
- d) tespit edilen kirli alanların ekosistem, çevre ve insan sağlığına zarar vermesinin önüne geçmek için temizleme yöntemlerinin uygulanması ve araştırılması.

EPA'nın 1993 yılında öncelikli kirleticiler listesinde yayınladığı 129 kirletici vardır ve bunlardan 13 tanesi metal olup diğerleri organik bileşikler, pestisitler, poliklorobifeniller ve birkaç metal olmayan inorganik bileşiklerdir. Araştırmaya göre bu kirletici metaller; kadmiyum, kurşun, antimon, arsenik, çinko, civa, nikel, selenyum, krom, gümüş, talyum berilyum'dur. Bu metaller aynı zamanda dünyanın birçok yerinde çevre koruma örgütleri tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınmışlardır (Novotny, 1995). Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için her geçen gün daha büyük bir tehlike oluşturmaktadır.

Endüstriyel faaliyetler sonucu ağır metallerin çevreye yayılışları dikkate alındığında çok farklı alanlardan ve farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal geçişinin olduğu düşünülmektedir. Şekil 2.1'de farklı sektörlerden biyosfere ağır metal salınımı şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.1. Şematik olarak ağır metallerin doğaya geçiş faktörleri (Alexander Rether, 2002)

Ağır metallerin tarımsal ekosistemlere girişleri ve insanlara gıda zinciri yoluyla geçişini getiren yeni toprak kirliliği oranları dünyada endişe verici bir durum haline gelmiştir (Abrahams, 2002).

Karasal ekosistemlerde toprak, tarımsal ürünlere ağır metal transferinin ana kaynağı olarak hareket eder ve bu metaller, toprak veya bitki ile çevrelenmiş dış atmosferden bitki sistemlerine girer ve ürün verimliliği ve tane kalitesi bakımından ciddi sonuçlar doğurur (Ashraf ve diğerleri, 2017).

Topraklarda en çok bulunan metal kirleticiler kurşun (Pb), civa (Hg), arsenik (As), krom (Cr), kadmiyum (Cd), bakır (Cu) ve nikel (Ni)'dir. Toprak, su ve havada bulunan kirletici unsurlar için son depolama noktasıdır. Aynı zamanda toprak, karasal ekosistemde taşıyıcı faktördür ve toprak yapısında ortaya çıkan değişimler, hem doğal ekosistemi hem de tarımsal ekosistemin verimliliğini etkilemektedir (Dağhan, 2013).

Ağır metaller, endüstriyel atıkların veya asit yağmurunun topraklarında ağır metallerin çözünmesi ve dolayısıyla bileşimdeki ağır metallerin çözünmesiyle su kaynaklarına aktarılır ve çözünmüş ağır metaller göller, nehirler ve yer altı sularına ulaşır. İnsan faaliyetleriyle sulara taşınmış olan ağır metaller su ile temas sonucu seyrelirler ve bazı katı birleşikleri (sülfat, kükürt ve karbonat) oluştururlar. Bu birleşikler taban suyunda birikir ve dolayısıyla suda bulunan ağır metal konsantrasyonu sürekli artış gösterir. Ülkemizde de sulara ağır metal konsantrasyonunun sürekli arttığını gösteren birçok örnek karşımıza çıkmaktadır. Örneğin tuz gölü ve birçok kapalı gölümüz çevresel kontrollerin yeteri kadar yapılmaması, önemli sulak arazilerimizin etrafında sanayileşmeye izin verilmesinden kaynaklı olarak sularımızda ağır metal konsantrasyonu artış göstermektedir (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003).

Ağır metaller suların kıyı bölgelerinde ve nehirlerin yüzeyinde yüksek seviyelerde bulunur. Okyanus yüzeyinde ise konsantrasyonları düşüktür. Daha yüksek seviyeler kıyılarda ve nehir sularının yüzeyinde meydana gelir. Şehir merkezlerine yakın bölgelerde ise kanalizasyon çıkışlarıyla kirlilik oluşur ve bu kirlilik endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu yerlerde yükselir (Wickfors ve Ukeles, 1982; Rebhun ve Amotz 1984; Cotté-Krief ve diğerleri, 2000). Birçok faktör ile çevreye yayılan ve zehirleyici etkiye sahip olan ağır metaller günümüz de en önemli çevre problemlerinin arasında bulunmaktadır (Goyer, 1991).

2.1.2. Bitkilerde ağır metal stresine karşı geliştirilen uyum mekanizmaları

Bitkiler yaşam döngülerinin birçok aşamasında büyüme ve gelişmelerini engelleyebilecek birçok stres faktörü ile karşılaşabilirler. Bu stres faktörleri bitkileri fizyolojik ve biyokimyasal yönden olumsuz olarak etkiler. Bitkiler bu olumsuz etkilere cevap olarak moleküler savunma mekanizmalarını devreye sokar. Savunma mekanizmaları ROS (reaktif oksijen türleri) üretimi, makromolekül ve iyonların homeostasisi, koruyucu moleküllerin sentezi ve detoksifikasyon olarak sıralanabilir. Bitkilerin temel savunma mekanizmalarından biri iyonların ve makromoleküllerin homeostasisidir.

Aynı zamanda homeostazi; iyon taşıma sistemlerinin ve aquaporinlerin aktivasyonu ve inaktivasyonunu sağlar. Önemli savunma mekanizmalarından olan ROS sentezi, detoksifikasyon ve antioksidanların oluşumu strese karşı oluşmuş moleküler yanıtlardır.

Çevre koşullarının sürekli değişmesi ile birlikte populasyonlar yeni oluşan çevreye uyum göstermeye çalışır (Linhart ve Grant, 1996).

Uyum mekanizmalarından bazıları:

- a) iklim değişikliklerine uyum sağlama (Jump ve Peñuelas, 2005),
- b) patojenler ve parazitlere adaptasyon (Kaltz ve Shykoff, 1998),
- c) hava kirliliği, böcek öldürücü ilaçlar ve ağır metaller gibi insan kaynaklı streslere (Hutchinson, 1984) uyum sağlama stratejileridir.

Bazı bitki türleri böcek öldürücüler ve herbisitlere karşı direnç mekanizmaları geliştirebilirler (Jasieniuk ve diğerleri, 1996). Bazı bitki türleri de duyarlı türlerinden farklı olarak metal toksisite direnci geliştirebilir (Antonovics ve diğerleri, 1971).

Bitkiler bazı organik birleşikler, çözünebilir şeker ve prolin biriktirebilirler. Bu birikimi hücre ozmotik basıncını ve hücresel yapılarını korumak için yaparlar (Chatterjee ve diğerleri, 2004; Ali ve diğerleri, 2014).

Bitkiler metallere duyarlı metabolik aktivitelerin gerçekleşmediği hücre yapılarında ve organellerinde metal iyonlarını biriktirebilirler (Verklaij ve Schat, 1990). Bu biriktirme alanlarından biri hücre duvarıdır. Hücre duvarının matriksi, katyon değiştirme bölgesidir ve bazı metalleri farklı oranlarda burada biriktirebilir ve bazı metallerin de dışarıya gönderilmesini sağlarlar (Rauser, 1999). Yapılan araştırmalarda bazı bitkilerin, yüksek oranlardaki ağır metallere (Cu, Pb, Co, Zn, Ni, Mo, ve Cd) maruz kaldığında bu ağır metalleri ekstrasellular karbonhidratların olduğu bölgelerde ve hücre duvarında biriktirdikleri saptanmıştır (Verklaij ve Schat, 1990; Wagner, 1993; Wang ve diğerleri, 2003).

Ağır metallerle yüksek oranda bağlanabildiği saptanan bir diğer yapı da musilaj tabakasıdır (Puthota ve diğerleri, 1991). Kök dışında metal iyonlarının bağlayıcı moleküller ile bağlanmasının metal alınımını hafiflettiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Jackson ve diğerleri, 1990).

Aynı zamanda tür şelasyonların zıt etki göstererek metal alınımını artırdığını gösteren çalışmalarda vardır. Bir başka ağır metal toksik etkisini azaltma mekanizması da, alınmış ağır metal iyonlarının serbest veya kompleks formda tekrar rizosfere geri verilmesidir (Jackson ve diğerleri, 1990).

Fitoşelatinler ağır metallere bağlanıp derişimlerinin azalması ve dolayısıyla zararlarının da hafifletilmesinde rol oynayan kimyasallardır. Örneğin Cd ve Cu fitoşelatinlerle kompleks oluştururlar ve oluşan fitoşelatin-Cd kompleksi vakuole girer, vakuole girdikten sonra fitoşelatin serbest kalır tekrar sitoplazmaya geri döner, metal ise muhtemelen bir organik asite bağlanıp vakuolde biriktirilir. Metallerin fitoşelatinlerden ayrılması ise vakuolün pH değerlerinin düşük olması ile açıklanabilir çünkü 3.5 ile 5 aralığındaki pH değerlerinde Cd-fitoşelatin kompleksinin oluşmadığı gösterilmiştir (Steffens, 1990). Stefens ve arkadaşları (1986) yaptıkları çalışmada, Cd'a dirençli olduğu bilinen bazı domates hücrelerinin, duyarlı hücrelere göre daha yüksek oranda fitoşelatin biriktirdiklerini göstermişlerdir. Fitoşelatin-metal kompleksi hücrelerde bulunan serbest ağır metal iyonlarına oranla daha az zararlı olduğundan bunun ağır metal zararını azaltıcı stratejilerden biri olduğu söylenebilir. Aynı zamanda pH arttığında metallerin mobilitesi azalır. Birçok bitki türü metal alınımını azaltmak için rizosferdeki pH'yı artırır (Jackson ve diğerleri, 1990) ve böylece bazı organik asitler rizosfere verilir ve burada metallere bağlanırlar(şelasyon), ve böylece metal alınımını azaltılmış olur.

Stres koşullarında bitkiler de fotosentetik karbon metabolizması ve elektron taşınım aktivasyonunda azalma meydana gelir. Stres koşulları ile birlikte bitkilerde biyosentetik reaksiyonlarda azalma dolayısıyla ATP'ye olan ihtiyacında azalması ile birlikte hem mitokondri hem de kloroplastlardaki elektron taşıma sistemindeki elektron miktarında artış oluşabilmektedir (Eker, 2002). Fotosentez için absorbe edilmiş olan ışık enerjisi ve açığa çıkan elektron, yeterli CO₂ molükülü yerine moleküler O₂'e aktarılmakta ve bunun sonucunda zararlı etkiler ciddi oranda fazla olan oksijen radikallerini ve türevlerini oluşturmaktadır (Okuda ve diğerleri, 1991; Asada 1994; Fover ve diğerleri, 1994; Çakmak 1994). Bunlar; hidrojen peroksit (H₂O₂) hidroksil radikal (OH⁻) ve süperoksit radikal (O₂) olarak adlandırılmaktadır (Makela ve diğerleri, 1990; Çakmak, 1994).

Ağır metaller direkt etkileri yanında, serbest radikal oluşumunu tetikleyerek dolaylı olarak da oksidatif strese sebep olurlar. Biyolojik sistemlerde birçok serbest radikaller oluşur. Bunlarda bazıları fenil-, hidroksil-, tiyol-, lipoksi-, ve nitroksit radikalleridir. Bunlar içinde de özellikle bazılarının ağır metal stresi sonucu düzeylerinin bitkiye zarar verecek kadar yoğun şekilde arttığı gösterilmiştir. Bunlar; hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil (OH^-), süperoksit (O^{2-}) radikalleridir (Shah ve diğerleri, 2001).

Bitkilerin kompleks bir antioksidant savunma sistemi vardır. Sahip oldukları bu savunma sistemi ile serbest radikallerin vermiş olduğu zararlardan korunurlar (Alsher, 1997). Antioksidantlar, aktif oksijen türlerini baskılayan ve bunu yaparken de yıkıcı bir radikale dönüşmeyen moleküllerdir. Antioksidant savunma sistemi, enzimleri ve bazı indirgen molekülleri bünyesinde bulunduran bir sistemdir. Enzimler, glutatyon, süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz, glutatyon peroksidaz, redüktaz, dehidroaskorbat peroksidaz olarak sıralanabilir ve bu enzimler metaller üzerinde doğrudan etkili değildir, sadece oluşan serbest radikalleri çeşitli dönüşümler ile etkisiz hale getirirler.

Antioksidant savunma sisteminin bir bölümü olan indirgen moleküller (glutatyon, askorbat, vitamin E, fenolik bileşikler, flavonoidler, ligninler, taninler vb.) hem serbest radikalleri etkisiz hale getirir hem de bazı metaller ile bağlanıp metal konsantrasyonunu azaltarak metalin vermiş olduğu zararın azalmasını sağlar. Enzimler ise sadece serbest radikalleri etkisiz hale getirirler (Dietz ve diğerleri, 1999).

Ağır metallerin antioksidantlar üzerinde de birçok zararı vardır. Antioksidant enzimlere hem gen hem de yapı ve işlevsel olarak zarar verip verimliliklerini düşürebilirler. Aynı zamanda antioksidantlara zarar verebilecek miktarda metale maruz kalması ile birlikte antioksidant savunma sisteminin ve bu sistemde bulunan enzimlerin aktivitelerinde artış olduğu saptanmıştır. Bu aktivite artışı ise bitki türüne ve gelişim evresine, ağır metalin çeşidine, konsantrasyonuna ve metale maruz kaldığı süreye bağlı olarak değişir (Sharma ve diğerleri, 2005).

2.1.3. Bitkilerde ağır metal stresi kaynak bildirişleri

Ağır metal stresi ile ilgili tüm dünyada bilim insanları birçok çalışma yapmışlardır ve araştırmalar sonucu özellikle toprağın ve toprakta yaşayan tüm canlıların bu zararlı

kirleticiden çok fazla etkilendiği bu nedenle toprakta bulunan ağır metal konsantrasyonunun tayin edilmesi ve verdiği zararların araştırılması ve anlaşılmasının son derece önemli olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Birçok ağır metal bitkilere ciddi bir biçimde zarar verir. Bu ağır metallere biriside Pb'dur. Kurşun metali bitki bünyesine alındıktan sonra bitkinin özellikle kök bölgesinde biriktiği gözlenmiştir. Bununla ilgili yapılan bir araştırmada, Pb'nun ağırlıklı olarak kök apoplastına doğru hareket ettiğini ve böylece korteks boyunca radyal bir şekilde ilerlediğini ve endodermis yakınında biriktiğini saptamışlardır. Endodermis, kök ile gövde arasındaki Pb hareketinde kısmi bir bariyer görevi görür. Bu, kısmen sürgünlere kıyasla köklerde Pb'nin daha yüksek birikimiyle ilgili olduğu ile açıklanabilir. Kumul kültürlerde pirinç (*Oryza sativa* L.) fideleri, 500 uM ve 1000 uM Pb (NO₃)₂ ihtiva eden besin ortamında 10 ve 20 gün boyunca yetiştirilmiş, kök büyümesi %22 veya 42 ve gövde büyümesinin %25 azaldığı tespit edilmiştir. Emilen Pb'nin lokalizasyonu, filizlere kıyasla köklerde 1.7-3.3 kat daha yüksek bulunmuş ve Pb'nin köklerden diğer organlara sınırlı taşındığı ve bunun sebebinin kök endodermisinin bariyer görevi görmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Jones ve diğerleri, 1973; Verma ve Dubey, 2003).

Kurşun metalinin bitki metabolizmasına birçok zararı vardır. Bitki hormonları bitki bünyesinde doğal olarak bulunurlar ve kimyasal olarak sentezlendikleri takdirde bitki büyümesini düzenlerler. Bitkiler birçok abiyotik stres faktörü ile karşılaşabilir. Bunlarda bazıları kuraklık, toprak veya sulama suyu tuzluluğudur. Özellikle tuz stresi ile bitki büyümesinde yavaşlama, iyon miktarlarında farklılaşmalara rastlanmıştır (Günalp, 2011). Tuz ve kuraklık stresinde olduğu gibi ağır metal stresinde de hormon ve iyon aktivitelerinde farklılaşma ve azalmaların olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar Pb metalinin hücre duvarındaki iyon miktarını değiştirdiğini saptamıştır (Jarvis ve Leung, 2002). Pb, bitkinin farklı organlarındaki besin öğelerinin genel dağılımını da etkiler.

Cucumis sativus L. fidelerinde kurşunun K, Ca, Mg, Fe ve NO₃'ün alımını ve *Zea mays* L. bitkisinde ise Ca, Mg, K ve P'nin alımını azalttığı bildirilmiştir (Walker ve diğerleri, 1997). Kök uçlarındaki Pb seviyeleri ve bazal kök benzer görünse de, Pb köklerdeki mineral elementlerinin seviyelerini de değiştirir. Godbold ve Kettner (1991), yaptıkları çalışmada kök uçlarında Ca, Fe, Zn seviyeleri Pb'ye maruz kaldıktan sonra azaldığını bildirmişlerdir. Fosfor içeriğinin Pb ile negatif korrelasyona sahip olduğunu ve bitkideki Pb

konsantrasyonunun artmasıyla P miktarının azaldığı bildirilmiştir (Paivoke, 2002). *Picea abies* tohumlarının Pb ile muamelesinde Mn seviyesinin düştüğü belirlenmiştir (Sieghardt, 1988). Bir başka çalışma da ise Seregin ve diğerleri (2004), hücre çeperlerinden ziyade plazmalemma yüzeyinde önemli miktarda Pb'nin bulunduğunu göstermiştir.

Pb, kök sisteminde katyonların (K^+ , Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe^{3+}) ve anyonların (NO_3^-) girişini bloke eder. Pb toksisitesi altında mikro ve makro besin maddelerinin azaltılması için iki mekanizma önerilmiştir. Fiziksel olarak adlandırılan ilk mekanizma, metal iyon yarıçapının büyüklüğüne bağlı iken, kimyasal olan ikinci mekanizma, hücre metabolizmasındaki metal kaynaklı düzensizliğine bağlıdır ve membran enzim aktivitelerinde ve membran yapısında değişikliklere neden olur. Görünüşe göre hücre zarı proteinlerinin K^+ -ATPaz ve -SH gruplarının aşırı duyarlılığından dolayı köklerden K^+ 'nin akışı, ikinci mekanizma tipine bir örnektir. Pb fiziksel olarak pek çok iyonun köklerin emilim bölgelerine girmesini engellediğini bildirmiştir (Pallavi Sharma, 2005).

Ağır metal stresi bitki gelişimini çeşitli sebeplerden dolayı engeller. Pb stresine maruz kalan bir bitkinin hücre bölünmesini engellediği ve bundan kaynaklı olarak bitkide kök boyunda azalma olduğu görülmüştür (Eun ve diğerleri, 2000; Ghani vd., 2010; Yong ve diğerleri, 2011). Aynı zamanda As ve Cd' un *Trifolium repens* yonca bitkisi üzerindeki toksik ve genotoksik etkilerinin, kirliliğe karşı toleranslı bir çevresel biyoindikatör olarak kullanımını çalışılmış ve toprakta bulunan As ve Cd' un, *Trifolium repens* L.

bitkisinin büyümesini etkilediği ve az miktarda DNA hasarına yol açtığını tespit etmişlerdir (Ghiani ve diğerleri, 2014).

Pb, Cu, Zn'nin tohum çimlenmesini etkilediği ve engellediği *Sorghum bicolor* L. yapılan çalışma ile bildirilmiştir (Güvercin, 2017).

Tohumlarının çimlenmesinde gibberellik asit (GA_3/G), kinetin (K) ve bu iki bitki büyüme regülatörünün (BBR) kombinasyonlarının (K+G) etkisi çalışılmıştır. Bu üç metalin artışına bağlı olarak tohum çimlenmesinin önemli bir şekilde zarar gördüğü anlaşılmıştır (Güvercin, 2017).

Ağır metal konsantrasyonuna bağlı olarak bitkilerde enzim faaliyetlerinin de etkilendiği görülmüştür. Salatalık fidelerinin köklerindeki SOD aktivitesini çalışan araştırmacılar metal tolerans yeteneğinden kaynaklandığı düşünülen Pb ve Zn stresinde SOD aktivitesinde bir artış olduğunu saptamışlardır. Aynı zamanda, MDA derişimi de kök ve sürgünlerde Cd ve Cu stresine maruz bırakıldığında önemli miktarda artış göstermiştir (Alexandre ve diğerleri, 2017).

Lemna minör L. bitkisinde ağır metal karışımlarının toksisitesinin etkisini araştıran Horvat ve diğerleri (2007) araştırmalarında ağır metallerin bitkiler ve sudaki karışımlarının vermiş olduğu zararlı etkisini saptamanın zor olması sebebiyle karışım ile ilgili çalışmaların literatürde oldukça az olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan araştırmada, ağır metal karışımlarının biyoindeksör olduğu bilinen *Lemna minör* L. üzerindeki toksik etkisinin ölçümüne değinilmiştir.

Sugiyama ve diğerleri 2007; Mori ve diğerleri, 2009, yapmış oldukları çalışmada anaç kullanımının metal ile ilişkisini araştırmış ve anaç kullanımı ile Cu metalinin hem alınımı hem de sürgüne iletiminin ciddi oranda azaldığı ulaşılan bu sonucun genotipik farklılıklar ile değıştiği belirlenmiştir.

Ağır metallerin neredeyse tamamı artan doz artışına bağlı olarak bitkilere de toksik etki yaratır. Bu toksik etki yaratan ağır metallerden biri de kadmiyumdur (Cd). Kadmiyum bitki metabolizmasında biyokimyasal ve fizyolojik birçok zarara sebep olur. Bitkide artan doza bağlı olarak hücre ölümlerine ve bitkinin gelişmesine engel olur (Chaoui ve diğerleri, 1997; Toppi ve Gabrielli 1999; Sandalio ve diğerleri, 2001; Guo ve diğerleri, 2009; Popova ve diğerleri, 2009; Xu ve diğerleri, 2009).

Kadmiyum diğer ağır metaller gibi bitkilerde kök büyümesini inhibe eder (Metwally ve diğerleri, 2003; Rodriguez-Serrano ve diğerleri, 2006; Kim ve diğerleri, 2007; Groppa ve diğerleri, 2008). Yapılan araştırmalar da özellikle kurşun ve kadmiyum toksik etki gösteren metaller olup bitkilerde çimlenmeyi inhibe ederler. *Lupinus luteus* L. tohumlarında yapılan denemelerde SNP ön muamelesi ile çimlenmenin ciddi şekilde engellendiği bildirilmiştir (Kopyra ve diğerleri, 2003).

Ağır metallerin doz artışına bağlı olarak toprakta yaşayan diğer canlılar üzerinde de toksik etkisi çok fazladır. Yapılan bir araştırmada ağır metaller tarafından kirlenen toprağın toprak mikroorganizmalarına zararı araştırılmıştır. Topraktaki ağır metal oranını fazla olduğunda topraktaki mikroorganizmaların metabolik aktivitesinin düştüğü saptanmıştır (Mathe-Gasper ve diğerleri, 2005).

Son yıllarda ağır metallerin zararlarından korunmak için ve endüstriyel atıkların metallere uzaklaştırılması sebebiyle, bazı biyokütle çeşitleri biyoakümülyasyon ve biyosorpsiyon olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Bu işlemi yapmak için biyoakümülyasyon ve biyosorpsiyon mekanizmaları üzerinde çalışılmaktadır aynı zamanda hiperakümülyatör olarak adlandırdığımız bazı bitkiler ve çeşitli mikroorganizmalar da ağır metallerin toksik etkisine karşı kullanılmaya başlanmış ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Bunlardan en iyi bilineni ve bilim adamları tarafından en çok çalışılan bitki *Thlaspi caerulescens* L. bitkisidir. Yapılan çalışmalar neticesinde bu bitkinin Cd ağır metaline karşı ciddi miktarda toleranslı olduğu bildirilmiştir (Magda ve diğerleri, 2006). Bu konudaki çalışmalar her geçen gün artarak devam etmekte ve ağır metallerin toprak ve bitkilere dolayısıyla tüm canlılara verdiği zararı azaltmak için alternatif çözüm yolları arayışları devam etmektedir.

2.2. Kurşun ile İlgili Genel Bilgiler

Kurşun (Pb), atom numarası 82, atom kütlesi 207,19 g/mol, rengi mavi-gümüş olan bir metaldir. Erime noktası 327,5 °C iken kaynama noktası 1740 °C dir. Doğada, kütle numaraları 204, 206, 207, 208 olan 4 izotopu bulunur.

Avrupa REACH araştırmalarına göre kurşun (Pb) 'büyük önem taşıyan kimyasal' olarak duyurulmuştur (Pourrut ve diğerleri, 2011). Aynı zamanda arsenikten sonra en kirlenici ikinci metaldir. Kurşun bir bitkinin metabolizmasını, morfolojik ve fizyolojik özelliklerini ve bitki büyümesini ve üretkenliğini ciddi boyutlarda etkiler (Sharma ve Dubey, 2005; Ashraf ve diğerleri, 2015).

Kurşun, doğada yaygın olarak bulunan bir elementtir. Binlerce ton kurşun, atmosfere farklı yollarla verilebilir. Kurşunlu petrolden oluşan ve kurşun tetraetil $[(CH_3CH_2)_4Pb]$ eklenip oktan sayısı arttırılan yakıtlarla çalışan, içten yanmalı motorlardan çıkan dumanlar verilme şekillerinden birisidir. Atmosferdeki kurşun büyük oranda metal oksitleri ve tuzları

şeklinde yağmurlarla birlikte yeryüzüne inerek çevreye dağılmaktadır (Vural, 1984; Piomelli, 2000).

Kurşun bitkiler için gerekli olmamasına rağmen bitkilerde doğal olarak bulunur (Kabata-Pendias, 1984). Kurşunun bitki bünyesine birçok olumsuz etkisi vardır. Bu zararlı etkiler şu şekilde sıralanabilir; makromoleküllerin fonksiyonel gruplarında bulunan metal iyonlarını, topraktan mineral maddelerin alımını ve bitki de bulunan su miktarını düzenleyen bazı enzimlerin yapısını değiştirerek çimlenme, sürgün gelişimi, kök ve gövde kuru ağırlığını olumsuz yönde etkiler (Lamhamdi ve diğerleri, 2011).

Kurşun, çeşitli endüstriyel faaliyetler ile çevreye yayılabilir. Özellikle işlek otoyollardan, eski evlerden, kurşun arsenatın pestisit olarak kullanıldığı eski meyve bahçelerinden, sanayi alanlarından, atıkların bulunduğu bölgelerden, çöp fırınlarından ve elektrik santrallerinden yayılarak bu bölgelerde ve yakınlarındaki toprakta oldukça fazla bulunur Motorlu taşıtların egzoz gazından çıkan tetra etil kurşunun çevreye yayılmasının en büyük sebebidir. Demirezen ve Aksoy (2006) kentsel alandan toplanan sebzeler, kırsal alandan daha yüksek seviyede Pb'ye sahip olduğu ve bunun da egzoz gazından kaynaklandığı bildirilmiştir. Kurşun, toprağa bir ulaştığında, toprağa sıkıca tutunur ve toprağın üst kısmında kalır. Bundan dolayı geçmişte, benzinde, duvar boyasında ve pestisitlerde kullanılan kurşun, topraktaki kurşun miktarını fazlaca bulunmasına neden olmuştur (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2007).

2.2.1. Bitkilerde kurşun stresi

Kurşun elementi, bitki su rejimini bitkide bulunan yapıları olumsuz etkilemesine bağlı olarak bozar. Bu yapılardan en önemlileri hücre turgoru, hücre duvarı stabilitesi, stoma hareketleri ve yaprak alanını azaltmasından dolayı kaynaklanır. Ayrıca kökler tarafından tutulması ve buna bağlı olarak kök gelişimini azaltmasıyla da kation ve anyon alımını azaltır ve doğrudan besin alımını etkiler (Sharma ve Dubey, 2005).

Kurşun, hem ekolojik sisteme hem de canlı metabolizmasına en çok zarar veren metallere biridir. Bitkide bulunan seviyesinin yükselmesiyle birlikte toksik etki oluşturmaya başlar. Kurşun elementi, toprakta 15-40 ppm dozunda bulunur ve bu doz 150

ppm'e ulaşmadığı takdirde tehlike oluşturmaz. Fakat 300 ppm'i ulaştığında ise potansiyel olarak canlı sağlığı açısından çok tehlikelidir (Dürüst ve diğerleri, 2004).

Bitkilerde ve toprakta bulunan Pb miktarının bilinmesi son derece önemlidir çünkü yüksek miktardan bulunduğu hem bitki hem de insan ve hayvanlar için zehir etkisi yapmaktadır. Bitkilerin kökleri vasıtasıyla alınan kurşun buradan ksilem aracılığı ile gövde ve yapraklara geçer. Eğer kurşun bir şekilde bitki bünyesine geçmiş ise doğrudan ya da dolaylı olarak insan ve hayvanlar tarafından besin maddesi olarak tüketilir ve bu yolla da besin zincirine girebilmektedir (Sales ve diğerleri, 2006).

Pb, Cd, Zn, Cu ve Hg gibi bazı ağır metaller insan kaynaklı etkiler ile beraber çevreye daha hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Bu kirletici metaller ile kirlenmiş topraklar, bitki verimliliğinde ciddi bir düşüş görülmesine neden olur. Pb esas olarak bitkiler tarafından kökler vasıtasıyla ve yapraklardan ise az miktarda alınır. Bitki bünyesinde Pb'nun yoğun olarak biriktiği kısım köktür. Bitkiye kurşunun alınımı ve miktarı birçok faktör ile değişir. Özellikle toprak pH'sı, toprağın parçacık şekli, katyon değişim kapasitesi, kök yüzey alanı ve mikorizal transpirasyon hızı bu faktörlerin başında gelir. Ayrıca kök endodermisinin bariyer etkisi ile Pb'nin yer değiştirmesi ve diğer organlara geçişi sınırlıdır. Eğer Pb miktarı ciddi konsantrasyonlara ulaşmış ise bariyer kırılır ve Pb vasküler dokulara geçer (Cobbett, 2000).

Çeşitli boyutlarda Pb çökeltileri özellikle hücreler arası boşluklar, hücre duvarları ve vakuollerde bulunur. Aynı zamanda endoplazmik retikulum, diktiyozom ve diktiyozdan türetilen veziküllerde de Pb metalinin biriktiği saptanmıştır (Cobbett, 2000).

Pb fotosentez hızını da azaltır bunu da kloroplast yapısını bozarak, klorofil sentezini azaltarak, elektron geçişini durdurarak ve Calvin döngüsü enzimlerini engelleyerek gerçekleştirir. Pb düşük konsantrasyonlarda iken solunumu uyarır ve ATP miktarını arttırırken miktarı arttıkça solunumu inhibe etmeye başlar dolayısıyla ATP miktarı da düşer. Kurşun, Mg, Mn, Zn, Cu, K, Fe ve Ca gibi iyonların köklerdeki emilim bölgelerine girmesine engel olarak dokularda mevcut olan minerallerinin dengesizliğine sebep olur (Pallavi Sharma, 2005).

Normalde bitkiler Pb toleransına sebep olan üç mekanizmaya sahiptir. Bu mekanizmalardan ilki bitkinin Pb alımına karşı farklı fiziksel bariyerler geliştirdiği pasif mekanizmalardır. Uyarılabilir mekanizmalar olarak adlandırılan ikinci mekanizmada ise Pb'nun ekstra hücrel alanlara atılımı ve metal toksisitesinden arınmasıdır ve antioksidan savunma mekanizması ile Pb'nun atılımını gerçekleştirir (Pourrut ve diğerleri, 2011; Ashraf ve diğerleri, 2015).

Kurşunun bitki metabolizmasına girdikten sonra bitki büyümesini azalttığı, hücrel yapıların işleyişini bozması, iyon homeostazı, klorofil biyosentezinde azalma, hormonal dengesizlik ve reaktif oksijen türlerinin fazlaca üretilmesine sebep olduğu saptanmıştır (Shahid ve diğerleri, 2011; Kumar ve diğerleri, 2012).

Pb redoks bir metal değildir ve bitki hücrelerinde ROS üretimine sebep olur ROS'un bitki hücrelerinde fazla üretilmesi ise oksidatif strese sebebiyet verir (Singh ve diğerleri, 2010). Radyoaktif oksijen türleri üretildikten sonra biyolojik yapılara ve biyomoleküllere saldırır ve metabolik fonksiyonların bozulmasını sağlar (Clemens, 2006). Pb özellikle tek yıllık bitkiler için daha ciddi zarar verici bir elementtir çünkü kurşunun toprağın yüzey tabakalarında daha fazla biriktiği ve aşağı doğru inildikçe azaldığı belirlenmiştir (de Abreu ve diğerleri, 1998).

Bitkilerin kurşun toksisitesine göstermiş oldukları tolerans bitkinin türüne hatta aynı türe ait genotiplere göre bile değişiklik gösterir (Janmohammadi ve diğerleri, 2013; Yılmaz ve diğerleri, 2009). Genotipik farklılıkların sebebi ve bunların etki mekanizmaları üzerine çalışmalar hala devam etmektedir.

Tarımsal alanlarda bulunan toksik metallerin zararlı etkilerini engellemek ve ağır metal tarafından kirlenmiş olduğu tespit edilen alanlarda tarımsal faaliyetlerin devamlılığını sağlayabilmek için; toleranslı bitki türleri ve çeşitlerinin saptanması büyük önem taşır. Ancak biliyoruz ki bitki türlerinin abiotik streslere karşı göstermiş olduğu toleranslar birbirinden farklıdır. Bu durum bitkinin türüne, stres faktörlerine, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına göre farklılıklar gösterir (Gür ve diğerleri, 2004).

2.3. Patlıcan

Ana-vatanı Hindistan olan patlıcan (*Solanum melongena* L.), tek yıllık bir tarım bitkisidir. Meyva yuvarlakımsı veya uzun, siyahımsı mor bir bakkadır¹. Ülkemizde geniş oranda kültürü yapılır. Çok sayıda kültür varyetesi vardır (Seçmen ve diğerleri, 2008). 2016 TÜİK patlıcan üretim verilerine göre 854.049 ton üretim yapılmıştır. Ülkemiz geçmiş yıllarda patlıcan üretimi bakımından yüksek bir yerde iken, son zamanlarda üretim miktarında önemli azalmalar meydana gelmiş ve dünya genelinde 5. sıraya kadar gerilemiştir. Bu gerilemenin önemli sebeplerinden birisi yetiştiricilik sırasında karşılaşılan biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden kaynaklanan verim ve kalite kayıplarıdır. Toprak kökenli patojenler ve bunlara dayanıklılık üzerinde bilimsel çalışmalar ve geliştirilen dayanıklı tolerant çeşitler bulunmakta ise de, abiyotik streslere dayanımı yüksek çeşitlerin geliştirilmesi konusu daha yavaş gelişmektedir. Bu abiyotik stres faktörlerinden biri de ağır metallerdir.

2.3.1. Sebze üretiminde kullanılan anaçlar

Aşılı fide kullanımı dünyanın birçok yerinde yaygın bir tarım uygulaması haline gelmiştir. İlk olarak 1920'lerin sonunda Japonya ve Kore'de, bu ülkeler, toprak kaynaklı hastalıkların ve nematod problemlerinin üstesinden gelemedikleri için karpuz anaçlarına aşılama yaparak başlamışlardır (Arvanitoyannis, 2005; Turhan, 2011; Martinez-Ballesta, 2010; King, 2010).

Geçmişte domates bitkisinde hastalığa sebep olan *Fusarium* nedeniyle aşılama yaygın bir şekilde kullanılmış ancak aşılama nedenlerinin yanı sıra aşılama sebze de yıllar içinde önemli ölçüde artmıştır (He ve diğerleri, 2009). Kullanımı, 1992 Kopenhag Değişikliği'nin Montereal protokolüne göre ozon tabakasına zarar veren maddeler listesine eklenen metil bromide (MtBr) etkili bir alternatif olarak zaman içinde hızla yayılmıştır (Martinez-Ballesta, 2010; King, 2010). Aşılı sebze fidelerinin kullanımı, birçok ülkede son yıllarda popüler olmuştur.

¹ Üzümsü meyva. Eksokarpı ince ve zarımsı yapıda, mezokarp ve endokarpı etli olan açılmayan bir meyvadır.

Domates, patlıcan ve biber gibi yıllık meyve veren bazı önemli bitkileri de kapsayan aşılınmış *Solanaceae* familyası ile kavun, salatalık, karpuz ve kabak gibi *Cucurbitaceae* familyası üyelerine ait tarım alanı; hem toprak kaynaklı hastalıklara karşı direnç geliştirmek hem meyve kalitesini artırmak için kullanılır. Aynı zamanda tuzluluk gibi abiyotik stres çeşitlerine tepki geliştirmek amacıyla besin alımını artırmak için son yıllarda yoğun şekilde kullanılmaktadır (Curuk, 2009; Martinez- Ballesta, 2010; Edelstein, 2010; King, 2010).

Solanaceae ve *Cucurbitaceae* familyalarına ait yüksek getirili genotiplerin dışsal stresin olumsuz etkilerini azaltmak için köklere aşılınması; abiyotik stres kaynaklı üretim kaybını ortadan kaldırmaya ya da azaltmaya yönelik çevre dostu bir tekniktir (Arvanitoyannis, 2005; Savvas, 2010).

Sebzelerde aşılama ile ilgili ilk çalışmalarda, yabancı türler toprak kaynaklı, hastalık ve diğer olumsuz şartlara karşı dayanıklı olmaları gereken kültür formları, anaç olarak kullanılmıştır.

Kültür formları ile yabancı formlar arasında melezlemeler yapılmış ve ticari anaçlar geliştirilmiştir. Bu formun oluşmasının sebebi ise yabancı türlerdeki olumsuzluk yaratan özelliklerinden kalemin etkilenmesi ve bu iki form arasındaki uyumsuzlukların aşılması içindir (Balkaya, 2013).

Aşılama kullanılan anaçlar özelliklerine göre sebze üretiminde biyotik ve abiyotik strese karşı dayanım, verim ve meyve kalitesinde artışa neden olur. Aşılı bitkilerde kalem bitkinin toprak üstü kısmını oluştururken anaç kök kısmını oluşturur. Aşılama teknolojisinde başarılı olabilmek, stres faktörlerine ve patojenlere dayanıklı anaçların seçilmesine ve anaç ve kalem arasında iletim demetlerinin hızlı oluşumu açısından aşılama tutumundaki uyum yeteneğine bağlıdır (Karaağaç ve Balkaya, 2013). Bu nedenle aşılı fide üretiminde kullanılacak anaçların seçimi büyük bir önem taşımaktadır. Kullanılacak anaçların hipokotil özellikleri iyi ve uniform olmalı, homojen fide çıkışı sağlamalıdır. Ayrıca seçilecek anacın hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık durumlarının tam olarak belirlenmiş olması gereklidir. Anaçla kalem iyi bir uyuma göstermelidir. Bunun sonucunda aşılı bitkiler güçlü bir yapı oluştururlar. İstenen diğer bir özellik de anacın meyve kalitesini olumsuz yönde etkilememesidir.

Türkiye’de 1998 yılında ilk aşılınmış ticari fideler, 70000 domates fidesi üretimiyle başlamış ve o zamandan 2010 yılının bitimine kadar yıllık üretim miktarı 72 milyon fideye ulaşmıştır. Bu sebzeler ise şunlardır;

- a) 34 milyon karpuz,
- b) 28 milyon domates,
- c) 7,5 milyon patlıcan,
- d) 2 milyon salatalık,
- e) 300 bin kavun ve 200 bin biberdir (Yılmaz ve diğerleri, 2011).

Türkiye’de köklerdeki çoklu patojen direnci, korumalı tarım ve organik tarımda yakın gelecekte yoğun olarak kullanılabilir. Patlıcan aşılması 1950’ler de başlamıştır ve bunu 1960 ve 1970’ler de salatalık ve domates aşılması takip etmiştir. Patlıcanda birçok anaç kullanılmaktadır.

Patlıcanla ilgili olarak, aşılama da kullanılan ilk anaç, Japonya’da en popüler anaç olarak kaldığı bildirilen *Solanum integrifolium* L.’dan seçilmiştir. *Solanum integrifolium* L., *Fusarium solgunluğuna* karşı oldukça dirençlidir, birçok patlıcan çeşidine göre bakteriyel solgunluğa daha dirençlidir ve patlıcan ile son derece uyumlu olduğu ve uzun süreli hasat yapılmadığında bile dirençli olduğu bilinir.

Bunlar içerisinde en fazla, patlıcanın yabanisi olan *Solanum torvum* anacı kullanılmaktadır (Çizelge 2). *Solanum esculentum* x *Solanum hirsutum* türler arası melez anaç ise birçok hastalığa karşı dayanıklı olması sebebiyle domateste olduğu gibi patlıcanda da oldukça fazla tercih edilen bir anaçtır. Ayrıca bunların dışında birçok araştırmacı tarafından birçok tür arası melez anaçların da patlıcana anaç olma potansiyellerinin olduğu bildirilmiştir (Lee, 1994).

Topraktan kaynaklanan çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı anaç ve aşıllı bitki kullanımı konusu, ağır metal stresinde de araştırılmış olup sebzelerde uygun anaç kullanımı ve aşılamanın ağır metal alımını önemli ölçüde sınırlandırdığı (Arao and diğerleri, 2008), böylece ağır metallerin ürün performansı ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin azaldığı bildirilmiştir (Savvas ve diğerleri, 2010).

Çizelge 2.1. Patlıcan anaçlarının tür ve özellikleri

Anaç	TÜRKİYEDE SATIŞ FİRMASI	ÜRETİCİ FİRMA	TÜR	ÖZELLİKLER	KAYIT TARİHİ	Durum
Hikyaku	United Genetics Turkey Tohum Fide A.Ş.	Kaneko Seeds Japonya	<i>S.integrifolium</i> × <i>S.melongena</i>	Hıyar mozaik virüsüne dayanıklı	24.11.2011	Üretim İzni
Köksal	Yüksel Tohum Tar. San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Yerli Islah	<i>S.aeriticum</i> × <i>S.melongena</i>	Fusariuma karşı dayanıklı	31.05.2011	Üretim İzni
Vista-306	Tolya Tohum Tar. San. Tic. Ltd. Şti.	Takada Seeds Japonya	<i>S.melongena</i>	Verticillium ve Fusariuma karşı dayanıklı	31.05.2011	Üretim İzni
Doyran	Ayer Tarım San. Ve Tic. A.Ş.	Teran Seeds İtalya	<i>S.toryum</i>	-	25.08.2011	Üretim İzni
Agr 703	Agromar Marmara Tar. San. Ve Tic. A.Ş.	Takii Company Japonya	<i>S.toryum</i>	Fomg* etkenine karşı dayanıklı	22.03.2007	Ticari Sebze**
Hawk	Anadolu Tohum Üretim ve Paz. A.Ş.	Vilmorin Fransa	<i>S.toryum</i>	Verticillium ve Nematoda karşı dayanıklı	24.02.2011	Üretim İzni

**Fusarium oxysporum* (Schlechtend: Fr.) f. sp. *melongenae* Matuo and Ishigami (Fomg)

**2008 öncesi sebzeler ticari sebze tohumluğu olarak kayıt altına alınıyordu daha sonra 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu sonrası FYD testleri mecburi oldu. Denemeler süresi boyunca üretim izni verilmeye başlandı.

Stres koşulları altında aşılamanın önemi

Stres koşulları altında, anaç genotipine bağlı olarak artan biyokütle değerleri, sebze yetiştiriciliğinde aşılama tekniği kullanımının kademeli olarak genişlemesinin nedenlerinden biri olmuştur. Aşılama kuraklık direncini, bitki su kullanım verimliliğini ve bitki büyümesini artırabilir. Yapılan bir araştırmada, bitki gelişimindeki artışa bağlı olarak, aşılanmış bitkilerin büyüme varyasyonlarında (bitki boyu ve gövde çapı), verim ve ürün kalitesinde ifade edilen aşılanmamış bitkilere kıyasla daha iyi bir canlılık gösterdiğini belirtmişlerdir (Pena, 2007; Rouphael, 2008; He, 2009; Martinez-Ballesta, 2010).

Aşılama, Na Emilimini azaltarak, K alımını arttırarak ve yapraklarda ve köklerde daha yüksek bir K/Na oranını koruyarak tuz stresini azaltabilir (He, 2009). Ayrıca, bitki büyüme düzenleyicilerinin, kök sisteminin büyüklüğüne ve su ve besin alımı ve asimilasyonuna sentez ve translokasyona da atfedilebilir (Curuk, 2010). Aşılı fideler topraktan daha fazla su ve besin maddesi alabilir ve aşılama yapan fidelere göre daha uzun ve yoğun köklere sahip olduklarından üst kısma aktarırlar (Martinez-Ballesta, 2010). Aşılı bitkilerin de, stres

koşulları altında Cl iyon alımını durdurdukları ve böylece kökler tarafından Cl Emilimini azalttığı iddia edilir.

Bir başka bakış açısına göre, yapraklarda aşırı Na⁺ ve Cl⁻ iyon birikimini önlemek için Na⁺ iyonunu köklerinde tutarlar (Martinez-Ballesta, 2010).

Tuzlu koşullar altında yaygın bir hasar, fotosentezdeki azalmanın PSII'deki azalmadan çok daha yüksek olduğu ve aşırı karbon asimilasyonu için kullanılmaktansa oksijen moleküllerine akan elektronların düştüğü zaman ortaya çıkan aşırı ROS birikmesidir (Halliwell ve Gutteridge 1985; Elstner 1987; Makela ve diğerleri, 1999; Curuk, 2009).

Patlıcan için kullanılan en yaygın anaçlar, *S. torvum*, *S. integrifolium* ve *S. sisymbriifolium* gibi domates ve patlıcan ile ilgili yabani türlerdir (Pena, 2007). Aynı tür içindeki olması gereken özelliklere sahip olan çeşitler aynı zamanda farklı türler veya türler arası melez anaçlar da kullanılabilir. Örneğin patlıcan bitkisinde ilk olarak aynı familyadan olan domates anaçları kullanılmıştır ki bu iki bitki aynı familyadandır. İlerleyen zamanlarda yabani patlıcan türlerinden yetiştirilen anaçlar patlıcan anacı olarak kullanılmıştır.

Birçok patojen, patlıcan bitkisinde ürün verimliliğinin azalmasına sebep olur. Solgunluk hastalığının da temel sebebi olan bu patojenler, bitki köklerinden iletim demetlerine geçerek iletim demetlerini tıkarlar ve bitkinin gelişimine, meyve verim ve kalitesinin düşmesine sebep olarak bitkiye zarar verirler. Aşılı patlıcan anaçlarının da kullanılmasının asıl amacı bu zararlı etkilerden bitkiyi korumak ve ürünlerin verimliliklerini artırarak biyotik ve abiyotik streslere karşı direnç sağlamaktır. Rahman ve diğerleri, (2002) aşılı bitkilerin aşısız bitkilere göre nematoda daha dayanıklı olduklarını saptamışlardır ve en yüksek verim değerinin ise *S. torvum* üzerine aşılı Sufala patlıcan çeşidinden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Türkiye'de sebze tarımında, aşılı fide çalışmaları hızlı bir şekilde gelişme göstermekte olmasına rağmen gerektiği kadar anaç çeşit ıslah programları yoktur. Bu konuda birçok araştırmacı ve ilgili kuruluşlar ortak çalışmalarını sürdürmektedir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Patlıcanda Pb stresine karşı genotip ve anaçlar düzeyinde farklılığın ortaya konabilmesi ve bu farklılığın etkin yöntemler kullanılarak gösterilebilmesi amacıyla araştırmada 6 adet ticari patlıcan anacı (AGR- 703, Doyran, Hawk, Hikyaku, Köksal-F1 ve Vista-306) ile 4 adet kültür patlıcanı (Burdur Bucak, Mardin Kızıltepe, Artvin Hopa ve Kemer) kullanılmıştır.



Resim 3.1. Araştırmada kullanılan patlıcan fidelerinin görüntüleri

Araştırmanın tüm aşamalarında üretim materyali olarak fide kullanılmıştır (Resim 1). Fideler Bilecik ili Söğüt ilçesi, Borçak mevkiinde yer alan Dikmen Fide San. Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir.

3.2. Metod

Araştırmada, anaç ıslahı programında yer alan tuza ve kurağa toleransı yüksek iki adet yerli patlıcan hattının; hassas genotiplerle ve yabancı türlerden kan taşıyan ticari anaçlarla birlikte kurşun (Pb) stresine tabi tutularak dayanım durumlarının mukayeseli olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

Araştırma 2014-2016 yılları arasında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesin Bahçe Bitkileri Bölümünde ait sıcaklık ve nem kontrolü otomatik olarak sağlanan cam serada (23-25 °C sıcaklık, %50-55 nispi nem) saksı denemeleri olarak yürütülmüştür (Resim 3.2). Denemelerin yapıldığı takvim Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemelerin yapıldığı tarih aralıkları

Deneme	Dikim Tarihi	Pb uygulaması	Deneme Bitiş
Saksı Denemeleri	22.05.2015	01.06.2015	23.06.2015



Resim 3.2. Saksıya dikilen patlıcan fidelerinin seradaki görünümü

3.2.1. Saksı denemeleri

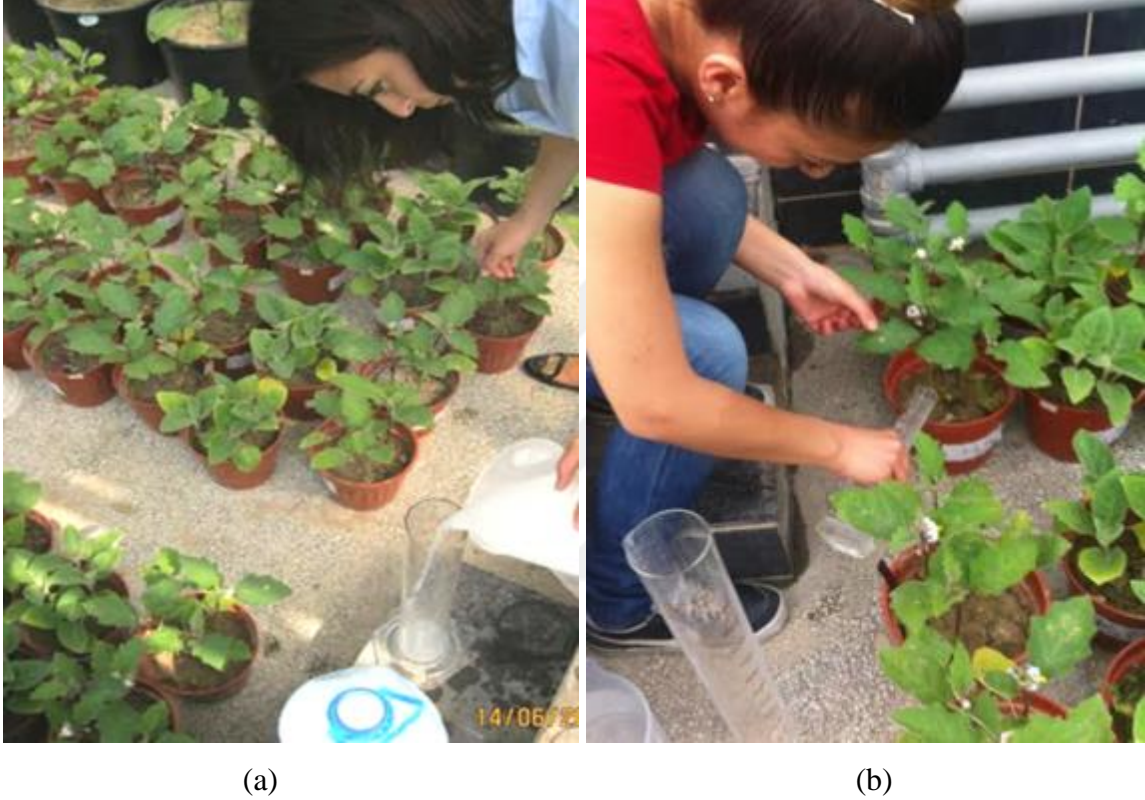
Anaçlara ve diğer genotiplere ait tohumlar, içinde 2:1 oranında torf ve perlit karışımı bulunan viyollere ekilmiştir. Fideler tohum ekiminden 20 gün sonra, içinde toprak karışımı (1:1:1= kum: çiftlik gübresi: orta bünyeli toprak) bulunan yaklaşık 4 litre hacminde plastik saksılara nakledilmiştir. Bitkiler 4-5 gerçek yapraklı aşamaya ulaştıklarında 20 gün boyunca tarla kapasitesi düzeyinde suyla sulanmıştır. Yaklaşık 2 hafta sonra stres uygulamalarına başlanmıştır.



Resim 3.3. Farklı anaç ve genotiplerin kontrol ve Pb uygulamalarından görüntüleri

Kurşun uygulamaları

Uygulamalar; 1) Kontrol, 2) 150 ppm Pb, 3) 300 ppm Pb olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. 6 anaç ve 4 genotip olmak üzere toplam 10 farklı çeşit üzerinden deney düzeneği hazırlanmıştır (Resim 1.3). Bitkilere uygulanan Pb çözeltisi, $Pb(NO_3)_2$ 'den hazırlanmıştır ve bitkiler 20 gün boyunca bu hazırlanan çözelti ile sulanmıştır (Resim 1.4).



Resim 3.4. Bitkilere hazırlanan $Pb(NO_3)_2$ hazırlanması ve uygulanmasından görüntüler
 a) $Pb(NO_3)_2$ çözeltisinin hazırlanması
 b) 150 ppm ve 300 ppm hazırlanan çözeltinin uygulanması

3.2.2. Ölçüm ve analizler

Bitki ölçüm ve analizleri

Yeşil aksam kök yaş ve kuru ağırlıkları: Bitkilerde yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı her uygulamadan tesadüfi olarak seçilen 3'er bitki, gövde ve kök kısımlarına ayrılmıştır.

Tartımlarda 1/1000 (g)'lik hassas dijital terazide tartılarak kök, gövde, yaprak ve toplam yeşil aksam yaş ağırlığı (g) belirlenmiş ve kuru ağırlıklarını belirlemek amacıyla 48 saat süreyle 65°C'deki bir etüvde tutulduktan sonra kök, gövde, yaprak ve toplam yeşil aksam kuru ağırlığı (g) tespit edilmiştir. Tartımlarda 1/1000 g hassasiyetli bir teraziden yararlanılmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5. Hasat sonrası bitkilerin yaş ağırlıklarının belirlenmesinden bir görüntü

Gövde ve kök boyları: Deney sonunda her saksıdaki bitkinin gövde boyu (kök boğazı ve bitki büyüme ucu) ve kök boyu (kök boğazı ve kök ucu) bir şerit metre yardımıyla ölçülmüş ve cm olarak verilmiştir (Resim 1.6).



Resim 3.6. Bitkilerin gövde ve kök boyları belirlenmesinden bir görüntü

Klorofil Ölçümü

Klorofil miktarı Minolta Klorofilmetre (SPAD-502) kullanılarak belirlenmiştir (Resim 3.7). Klorofil ölçümleri (spad değerleri) deneme boyunca yaprağın merkez kısmı esas alınmış ve deneme bitkilerinin en uçtan 3 yaprağından okuması yapılmıştır.



Resim 3.7. Klorofilmetre ile bitkilerin klorofil miktarı belirlenirken alınmış bir görüntü

Mineral Element Analizleri

Denemede kontrol ve 150 ve 300 ppm kurşun(Pb) uygulamalarına bağlı olarak tüm anaç ve genotiplerden tesadüfi olarak seçilen bitkinin yaprakları mineral madde tayini için kullanılmıştır. Yapraklarda K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu, Mg ve Pb miktarlarını belirlemek için, her bir yaprak örneğinden 250 mg tartılıp alınarak, üzerine 15 ml 0.1 N HNO₃ (Nitrik asit) ve bir damla toluen ilave edilen kapaklı plastik kutuların içinde karanlıkta bir hafta süreyle bekletilen örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıda 24 saat süreyle çalkalanmışlardır. Hazırlanan ekstraktlarda K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu, Mg ve Pb Spektro fotometrik atomik absorpsiyonla ölçülmüşlerdir (Taleisnik ve diğerleri, 1997).





4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Ağır metal stresi altında farklı anaç ve genotiplerin büyüme ve verim parametrelerine varyans analizi uygulandıktan sonra konuların birbirinden farklılığı Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanan başlıklar altında verilmiştir.

4.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Bulgular

4.1.1. Yeşil aksam-kök yaş ve kuru ağırlıkları ile ilgili bulgular

'Pb dozu x Anaç' interaksiyonunun etkisi, yeşil aksam-kök yaş ağırlıkları, yeşil aksam-kök kuru ağırlıkları bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık bulgularında kurşun uygulanmış olan patlıcan anaçlarının kontrol bitkilerine göre azalmalar olduğu saptanmıştır. Özellikle 300 ppm Pb dozunda 150 ppm Pb dozuna göre daha fazla kayıp olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre Köksal-F1 x 150 ppm Pb ($35.83 \text{ g bitki}^{-1}$) yeşil aksam yaş ağırlığı sonuçlarına göre kontrol ile aynı istatistiksel grup içinde kalmış ve yüksek performans göstermiştir ($35.83 \text{ g bitki}^{-1}$) (Çizelge 4.1) (Topal ve diğerleri, 2017).

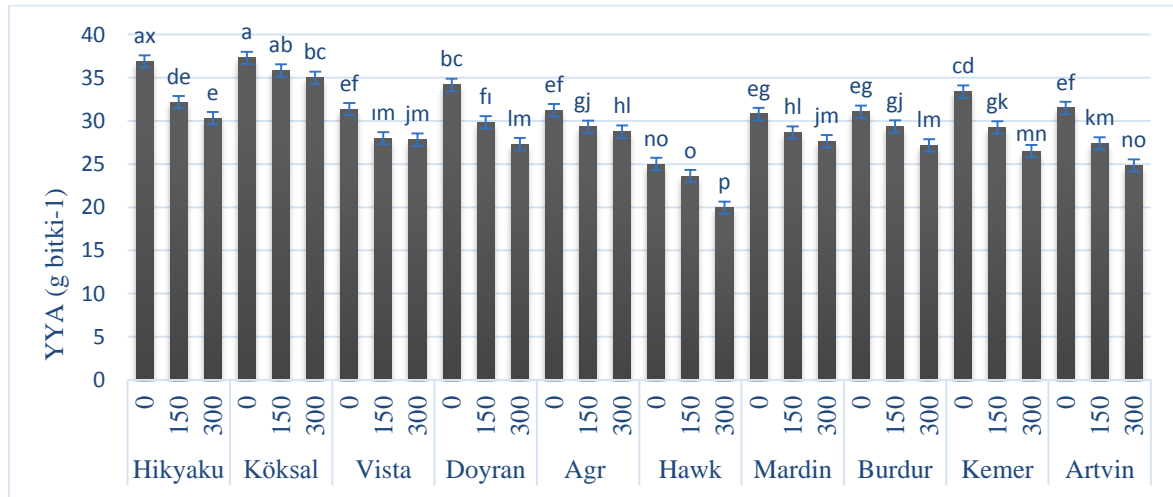
Çizelge 4.1. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan yeşil aksam anaç ve genotiplerinin fiziksel özelliklerindeki % değişimler (Topal ve diğerleri, 2017)

Anaç adı	Pb (ppm)	YYA (g bitki^{-1})	Değişim (%)	YKA (g bitki^{-1})	Değişim (%)
Hikyaku	0	36,89 ^{ax}		4,42 ^a	
	150	32,18 ^{de}	-12,76	4,07 ^{ce}	-7,99
	300	30,33 ^e	-17,77	3,88 ^{df}	-12,29
Köksal	0	37,31 ^a		4,00 ^{cf}	
	150	35,83 ^{ab}	-3,97	3,95 ^{df}	-1,08
	300	35,00 ^{bc}	-6,20	3,75 ^{fh}	-6,09
Vista-306	0	31,37 ^{ef}		4,23 ^{ac}	
	150	28,00 ^{im}	-10,73	4,12 ^{bd}	-2,52
	300	27,83 ^{jm}	-11,26	3,91 ^{df}	-7,57
Doyran	0	34,18 ^{bc}		4,34 ^{ab}	
	150	29,85 ^{fi}	-12,66	4,02 ^{cde}	-7,37
	300	27,30 ^{lm}	-20,12	3,47 ^{ij}	-20,03

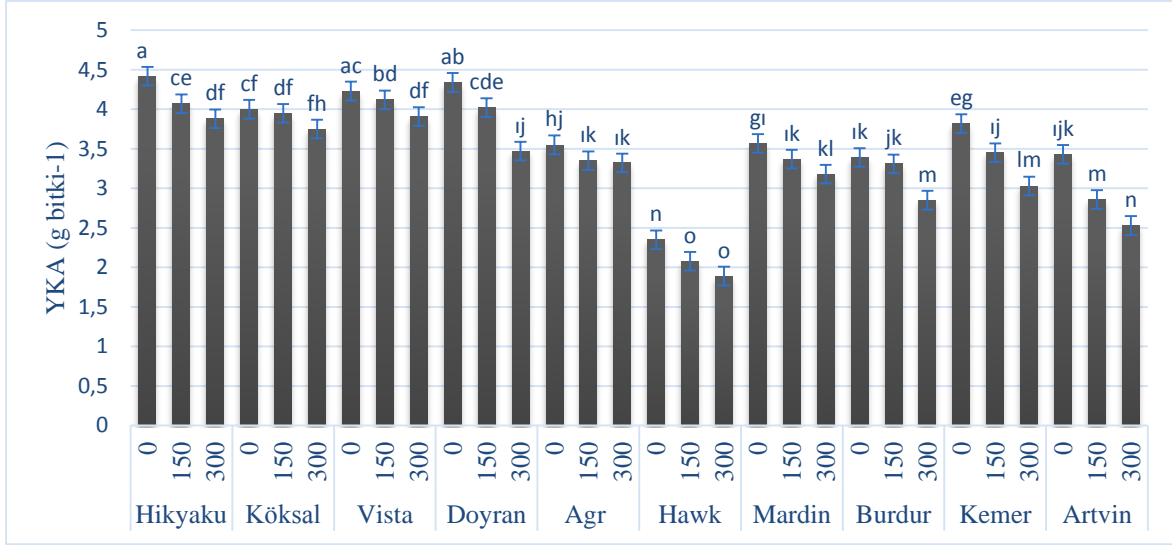
Çizelge 4.1. (devamı) Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan yeşil aksam anaç ve genotiplerinin fiziksel özelliklerindeki % değişimler (Topal ve diğerleri, 2017)

AGR-703	0	31,24 ^{ef}		3,55 ^{hj}	
	150	29,33 ^{gj}	-6,11	3,35 ^{ik}	-5,63
	300	28,75 ^{hl}	-7,97	3,32 ^{ik}	-6,48
Hawk	0	25,00 ^{no}		2,35 ⁿ	
	150	23,60 ^o	-5,6	2,08 ^o	-11,49
	300	19,95 ^p	-20,2	1,89 ^o	-19,57
Mardin	0	30,80 ^{eg}		3,57 ^{gi}	
Kızıltepe	150	28,67 ^{hl}	-6,93	3,37 ^{ik}	-5,60
	300	27,65 ^{jm}	-10,23	3,18 ^{kl}	-11,01
Burdur	0	31,05 ^{eg}		3,39 ^{ik}	
Merkez	150	29,37 ^{gj}	-5,42	3,31 ^{jk}	-2,46
	300	27,15 ^{lm}	-12,55	2,85 ^m	-15,83
Kemer	0	33,40 ^{cd}		3,82 ^{eg}	
	150	29,23 ^{gk}	-12,48	3,45 ^{ij}	-9,77
	300	26,51 ^{mn}	-20,62	3,03 ^{lm}	-20,59
Artvin hopa	0	31,50 ^{ef}		3,43 ^{ijk}	
	150	27,40 ^{km}	-13,03	2,86 ^m	-16,72
	300	24,85 ^{no}	-21,12	2,53 ⁿ	-26,14
VK (%)		3,87		4,54	
LSD 0.05		1,88		0,26	

YYA: Yeşil aksam yaş ağırlığı, YKA: Yeşil aksam kuru ağırlığı



Şekil 4.1. Patlıcan anaç ve genotiplerinin yeşil aksam yaş ağırlık miktarı



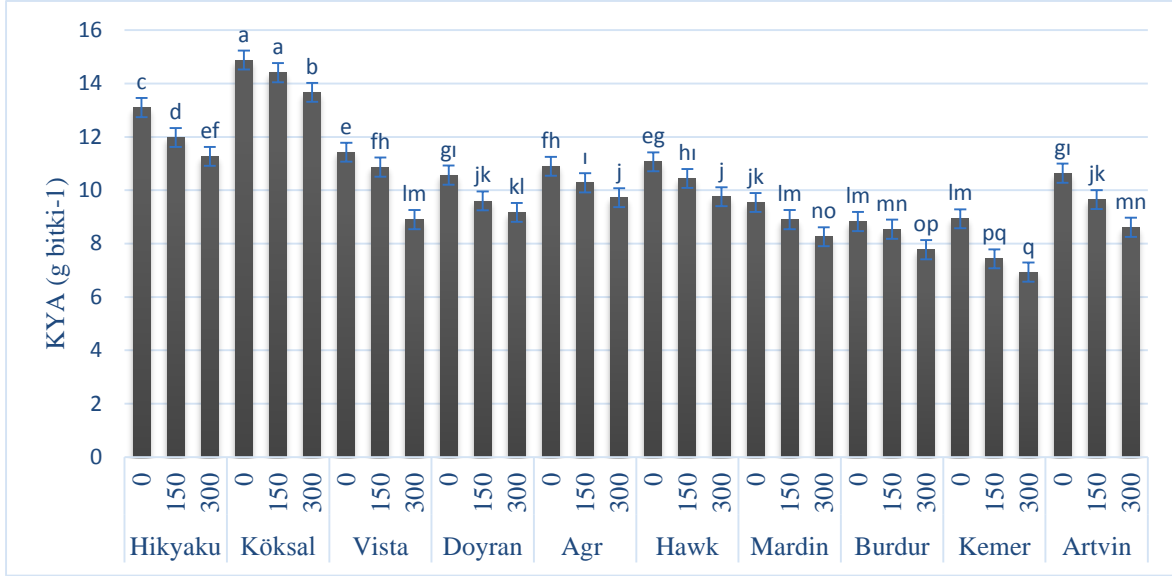
Şekil 4.2. Patlıcan anaç ve genotiplerinin yeşil aksam kuru ağırlık miktarı

‘Vista-306 x 150 ppm Pb’ (4.12 g bitki⁻¹), ‘Hikyaku x 150 ppm Pb’ (4.07 g bitki⁻¹) ve ‘Doyran x 150 ppm Pb’ (4.02 g bitki⁻¹) yeşil aksam kuru ağırlığı değerlerine göre en yüksek değerleri vermiştir. Hassas olduğu bilinen Artvin hopa genotipi ve Hawk ticari anacı yeşil aksam kuru ağırlık bakımından en düşük değerleri vermiştir. Kontrole göre yeşil aksam yaş ağırlığı % değişim oranları bakımından 150 ppm Pb uygulanan Köksal-F1 (%3,97) ve Burdur Merkez (%5,42) genotipleri en az etkilenenler olmuştur.. Artvin Hopa (%21,12), Kemer (%20,62) ve Hawk (%20,2) ise en fazla kayıp verenlerdir. Yeşil aksam kuru ağırlıkları karşılaştırıldığında kayıp oranı en fazla olan genotipler Artvin Hopa (%26,14) ve Kemer (%20,59) olmuştur. Köksal-F1 (%1,08) ve Burdur Merkez (%2,46) ise en az kaybı olan genotiplerdir (Topal ve diğerleri, 2017). Daha önceki çalışmalarda da Artvin Hopa ve Kemer genotiplerinin tuz ve kuraklık stresi altında en fazla etkilenen genotipler olduğu saptanmıştır (Yaşar 2003; Kıran ve diğerleri, 2014).

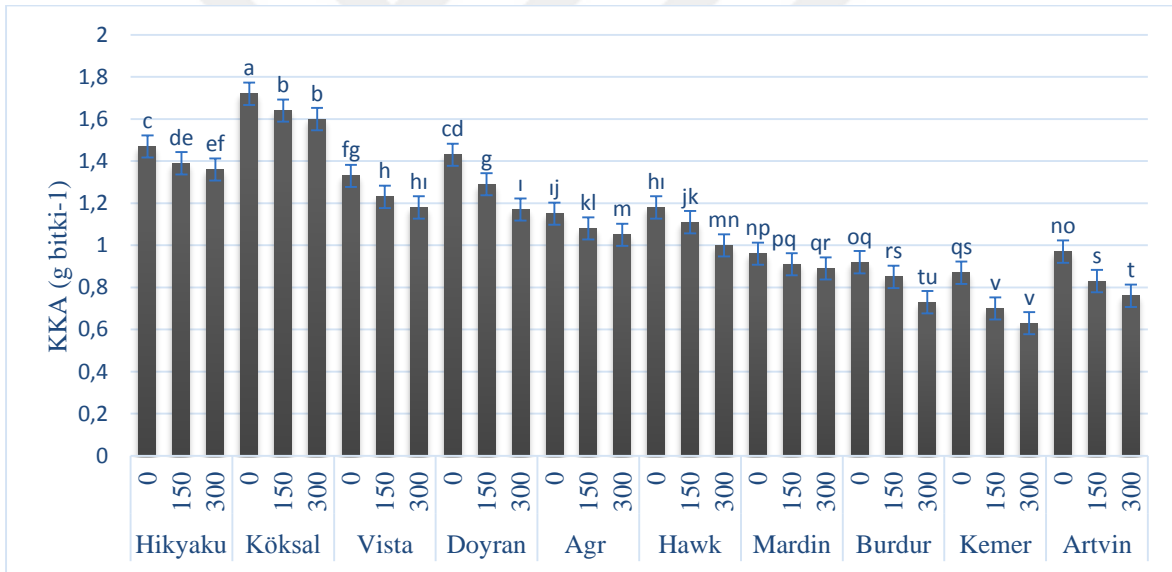
Çizelge 4.2. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan kök anaç ve genotiplerinin fiziksel özelliklerindeki % değişimler (Topal ve diğerleri, 2017)

Anaç adı	Pb (ppm)	KYA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	KKA (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	13,10 ^c		1,47 ^c	
	150	11,98 ^d	-8,58	1,39 ^{de}	-5,43
	300	11,27 ^{ef}	-13,94	1,36 ^{ef}	-7,47
Köksal	0	14,88 ^a		1,72 ^a	
	150	14,41 ^a	-3,20	1,64 ^b	-4,47
	300	13,67 ^b	-8,17	1,60 ^b	-6,99
Vista-306	0	11,43 ^e		1,33 ^{fg}	
	150	10,87 ^{fh}	-4,93	1,23 ^h	-7,75
	300	8,90 ^{lm}	-22,16	1,18 ^{hi}	-11,50
Doyran	0	10,57 ^{gi}		1,43 ^{cd}	
	150	9,60 ^{jk}	-9,15	1,29 ^g	-10,23
	300	9,17 ^{kl}	-13,25	1,17 ⁱ	-18,60
AGR-703	0	10,90 ^{fh}		1,15 ^{ij}	
	150	10,28 ⁱ	-5,69	1,08 ^{kl}	-6,38
	300	9,72 ^j	-10,8	1,05 ^m	-8,41
Hawk	0	11,07 ^{eg}		1,18 ^{hi}	
	150	10,44 ^{hi}	-5,75	1,11 ^{jk}	-5,92
	300	9,76 ^j	-11,89	1,00 ^{mn}	-15,21
Mardin Kızıltepe	0	9,54 ^{jk}		0,96 ^{np}	
	150	8,90 ^{lm}	-6,74	0,91 ^{pq}	-5,38
	300	8,26 ^{no}	-13,45	0,89 ^{qr}	-7,64
Burdur Merkez	0	8,83 ^{lm}		0,92 ^{oq}	
	150	8,54 ^{mn}	-3,32	0,85 ^{rs}	-7,97
	300	7,77 ^{op}	-12,04	0,73 ^{tu}	-21,01
Kemer	0	8,93 ^{lm}		0,87 ^{qs}	
	150	7,43 ^{pq}	-16,79	0,70 ^u	-19,54
	300	6,93 ^q	-22,39	0,63 ^v	-27,59
Artvin hopa	0	10,64 ^{gi}		0,97 ^{no}	
	150	9,65 ^{jk}	-9,30	0,83 ^s	-14,09
	300	8,61 ^{mn}	-19,14	0,76 ^t	-21,31
VK (%)		3,13		2,3	
LSD 0.05		0,52		0,05	

KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı



Şekil 4.3. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök yaş ağırlık miktarı



Şekil 4.4. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök kuru ağırlık miktarı

Köksal-F1 x 150 ppm Pb uygulaması, kök yaş ve kuru ağırlıkları diğerleriyle karşılaştırıldığında kurşun uygulamalarından en az etkilenmiştir. Bunu Köksal-F1 x 300 ppm izlemiştir (Çizelge 4.4). Genotipler arasında ise Burdur Merkez 150 ppm Pb uygulamasında diğer genotiplere göre daha iyi performans göstermiştir.

Kök yaş ağırlığı azalma % değişim değerlerine göre kurşun stresinden en az etkilenen ve en az kayıp veren genotipler: Köksal-F1 x 150 ppm (%3,2), Burdur Merkez x 150 ppm (%3,32) ve Vista-306 x 150 ppm (%4,93) olarak belirlenmiştir. En fazla kayıp veren

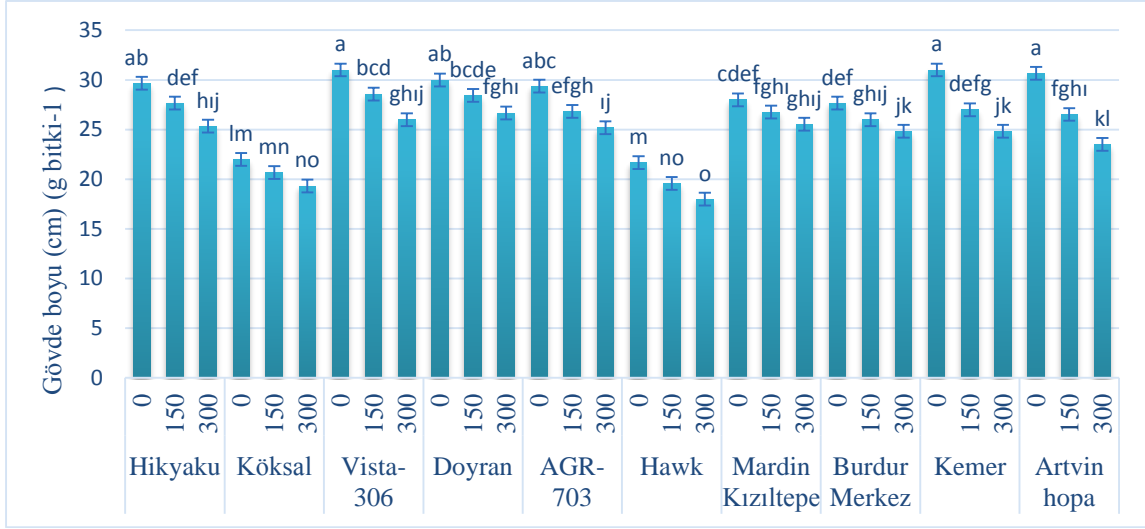
genotipler ise 300 ppm Pb uygulamasında görülmüştür (Kemer %22.39, Vista-306 %22.16, Artvin Hopa %19.14). Köksal-F1 x 150 ppm Pb (%4,47) ve Mardin Kızıltepe x 150 ppm Pb (%5,38) kök kuru ağırlık değerleri açısından en az etkilenenler olmuşlardır. En yüksek sonuçlar ise Kemer x 300 ppm Pb (%27,59) ve Artvin Hopa x 300 ppm Pb (%21,31) uygulamalarında görülmüştür. Kemer ve Artvin Hopa Pb stresinde kök yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde en yüksek kayıp vermiş genotiplerdir (Topal ve diğerleri, 2017).

4.1.2. Yeşil aksam ve kök gövde boyunda meydana gelen değişimler

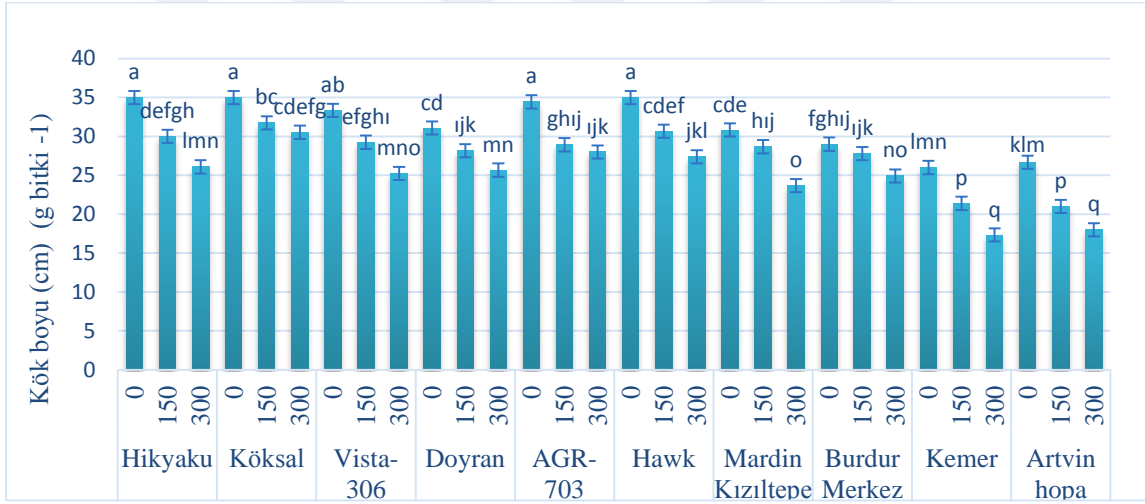
'Pb dozu x Anaç genotipi' etkileşiminin kök ve gövde boyu sonuçları istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen sonuçlara göre 150 ve 300 ppm de Pb oranının artmasıyla beraber farklı sonuçlar elde edilmiştir. Patlıcan anaçlarının gövde boylarında kontrol bitkilerine göre azalmalar olmuştur. Uygulamalar içinde 150 ppm Pb uygulamalarında 300 ppm uygulamaya göre etkilenme daha az olurken en yüksek gövde boyu sırasıyla, 150 ppm Pb Vista-306 (28.58 cm), ve 150 ppm Doyran (28.45 cm) anacında görülürken 300 ppm Pb uygulamasında Hawk (18 cm) en kısa boy değeri veren anaçtır. Bitkilerin gövde boylarına bakıldığında ise Pb uygulamaları ve bitkilerin kontrolleri gözönüne alınarak en az etkilenenler sırasıyla; 150 ppm Pb dozunda Mardin Kızıltepe (%4.46), Doyran (%5.17) ve Burdur Merkez (%6.02) genotipleridir. En fazla etkilenenler ise, 300 ppm Pb uygulanmış Artvin Hopa (%23.37) ve Kemer (%19.89) hassas genotipleri olmuştur. Pb uygulamasıyla birlikte kök boylarında da azalmalar meydana gelmiştir. Kurşun stresine maruz kalan bitkilerin kök boylarının gövde boylarına göre daha fazla etkilendiğini görülmüştür. 150 ppm Pb dozunda en az etkilenen genotipler sırasıyla Burdur Merkez (%4.14), Mardin Kızıltepe (%7.03) ve Köksal-F1 (%9.29) olmuştur. 300 ppm Pb uygulamasında ise etkilenme daha fazla olup Kemer (%33.33) ve Artvin Hopa (%32.5) en çok etkilenenlerdir (Çizelge 4.3). Kurşun metalinin bitkilerde özellikle kök büyümesini engellediği daha önceki çalışmalarda da bildirilmiştir.

Çizelge 4.3. Kurşun uygulamaları sonucunda patlıcan kök ve gövde boyu % değişimler (Topal ve diğerleri, 2017)

Anaç adı	Pb (ppm)	Gövde boyu (cm) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Kök boyu(cm) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	29.67 ^{ab}		35.00 ^a	
	150	27.67 ^{def}	-6.74	30.00 ^{defgh}	-14.29
	300	25.33 ^{hij}	-14.61	26.08 ^{lmn}	-25.48
Köksal	0	22.00 ^{lm}		35.00 ^a	
	150	20.67 ^{mn}	-6.06	31.75 ^{bc}	-9.29
	300	19.33 ^{no}	-12.12	30.52 ^{cdefg}	-12.81
Vista-306	0	31.00 ^a		33.33 ^{ab}	
	150	28.58 ^{bcd}	-7.80	29.25 ^{efghi}	-12.25
	300	26.00 ^{ghj}	-16.13	25.25 ^{mno}	-24.25
Doyran	0	30.00 ^{ab}		31.08 ^{cd}	
	150	28.45 ^{bcde}	-5.17	28.17 ^{ijk}	-9.38
	300	26.67 ^{fghi}	-11.11	25.67 ^{mn}	-17.43
AGR-703	0	29.38 ^{abc}		34.43 ^a	
	150	26.83 ^{efgh}	-8.67	28.92 ^{ghij}	-16.02
	300	25.17 ^{ij}	-14.34	28.00 ^{ijk}	-18.68
Hawk	0	21.67 ^m		35.00 ^a	
	150	19.58 ^{no}	-9.62	30.67 ^{cdef}	-12.38
	300	18.00 ^o	-16.92	27.38 ^{ijkl}	-21.76
Mardin Kızıltepe	0	28.00 ^{cdef}		30.83 ^{cde}	
	150	26.75 ^{fghi}	-4.46	28.67 ^{hij}	-7.03
	300	25.55 ^{ghij}	-8.74	23.67 ^o	-23.24
Burdur Merkez	0	27.67 ^{def}		29.00 ^{fghij}	
	150	26.00 ^{ghij}	-6.02	27.80 ^{ijk}	-4.14
	300	24.83 ^{jk}	-10.24	24.92 ^{no}	-14.08
Kemer	0	31.00 ^a		26.00 ^{lmn}	
	150	27.00 ^{defg}	-12.9	21.39 ^p	-17.74
	300	24.83 ^{jk}	-19.89	17.33 ^q	-33.33
Artvin hopa	0	30.67 ^a		26.67 ^{klm}	
	150	26.52 ^{fghi}	-13.52	21.00 ^p	-21.25
	300	23.50 ^{kl}	-23.37	18.00 ^q	-32.5



Şekil 4.5. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde boyu miktarı



Şekil 4.6. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök boyu miktarı

4.2. Fizyolojik Gelişim ile İlgili Bulgular

4.2.1. Klorofil içeriği ile ilgili bulgular

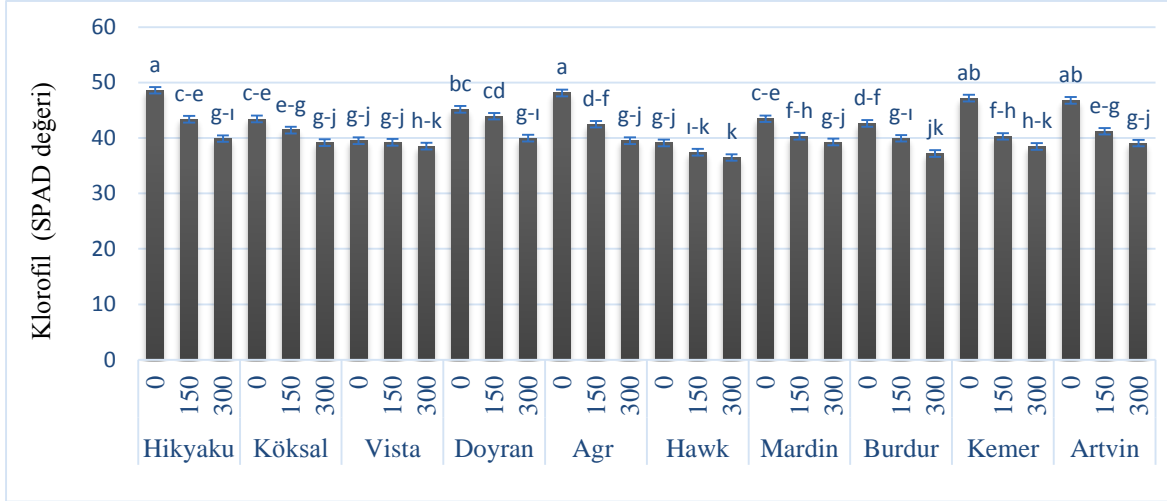
Kurşun uygulaması ile birlikte anaç ve genotipler klorofil bakımından istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Kurşun uygulamaları patlıcan anaçlarının klorofil içeriği değerlerinde kontrol bitkilerine göre kayıplara yol açmıştır. 150 ppm Pb uygulaması altında klorofil miktarını en iyi koruyan genotipler Vista-306 (39.25) ve Doyran (43.95) olurken en yüksek kaybı Kemer (40.30) ve Artvin hopa (41.23) vermiştir (Çizelge 4.4). 300 ppm Pb

dozunda ise en az kayıp veren Vista-306 (38.53) ve Hawk (36.50) olurken en geride kalanlar ise Artvin Hopa ve Kemer hassas genotipleri olmuştur (Çizelge 4.4) (Şekil 4.2).

Çizelge 4.4. Kurşun stresi altında patlıcan anaç ve genotiplerinin klorofil içeriği

Anaç adı	Pb (ppm)	Klorofil (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hiyaku	0	48,62 ^a	
	150	43,40 ^{c-e}	-10,73
	300	39,90 ^{g-1}	-17,92
Köksal	0	43,45 ^{c-e}	
	150	41,43 ^{e-g}	-4,63
	300	39,16 ^{g-j}	-9,87
Vista-306	0	39,53 ^{g-j}	
	150	39,25 ^{g-j}	-0,72
	300	38,53 ^{h-k}	-2,53
Doyran	0	45,17 ^{bc}	
	150	43,95 ^{cd}	-2,72
	300	39,97 ^{g-1}	-11,51
AGR-703	0	48,15 ^a	
	150	42,50 ^{d-f}	-11,73
	300	39,52 ^{g-j}	-17,92
Hawk	0	39,13 ^{g-j}	
	150	37,43 ^{i-k}	-4,35
	300	36,50 ^k	-6,74
Mardin Kızıltepe	0	43,49 ^{c-e}	
	150	40,33	-7,26
	300	39,28 ^{g-j}	-9,67
Burdur Merkez	0	42,63 ^{d-f}	
	150	39,96 ^{g-1}	-6,25
	300	37,19 ^{jk}	-12,75
Kemer	0	47,20 ^{ab}	
	150	40,30 ^{f-h}	-14,62
	300	38,50 ^{h-k}	-18,43
Artvin hopa	0	46,80 ^{ab}	
	150	41,23 ^{e-g}	-11,89
	300	39,10 ^{g-j}	-16,45

Aynı harfler interaksiyonlar arasındaki farklılıkların p %5'e göre önemli olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.7. Patlıcan anaç ve genotiplerinin klorofil miktarı

4.2.2. Mineral element analizleri

Kurşun stresine tabii tutulan patlıcan anaç ve genotiplerinden tesadüfi olarak seçilen dörder bitkinin yaprakları ve kök kısmından alınan örnekler element analizleri için kullanılmıştır. Yaprak örneklerindeki Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb iyon miktarları belirlenmiştir ve buna göre parametreler çizelge halinde verilmiş ve Duncan harflendirme yöntemi ile farklılıklar gösterilmiştir.

Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Ca iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

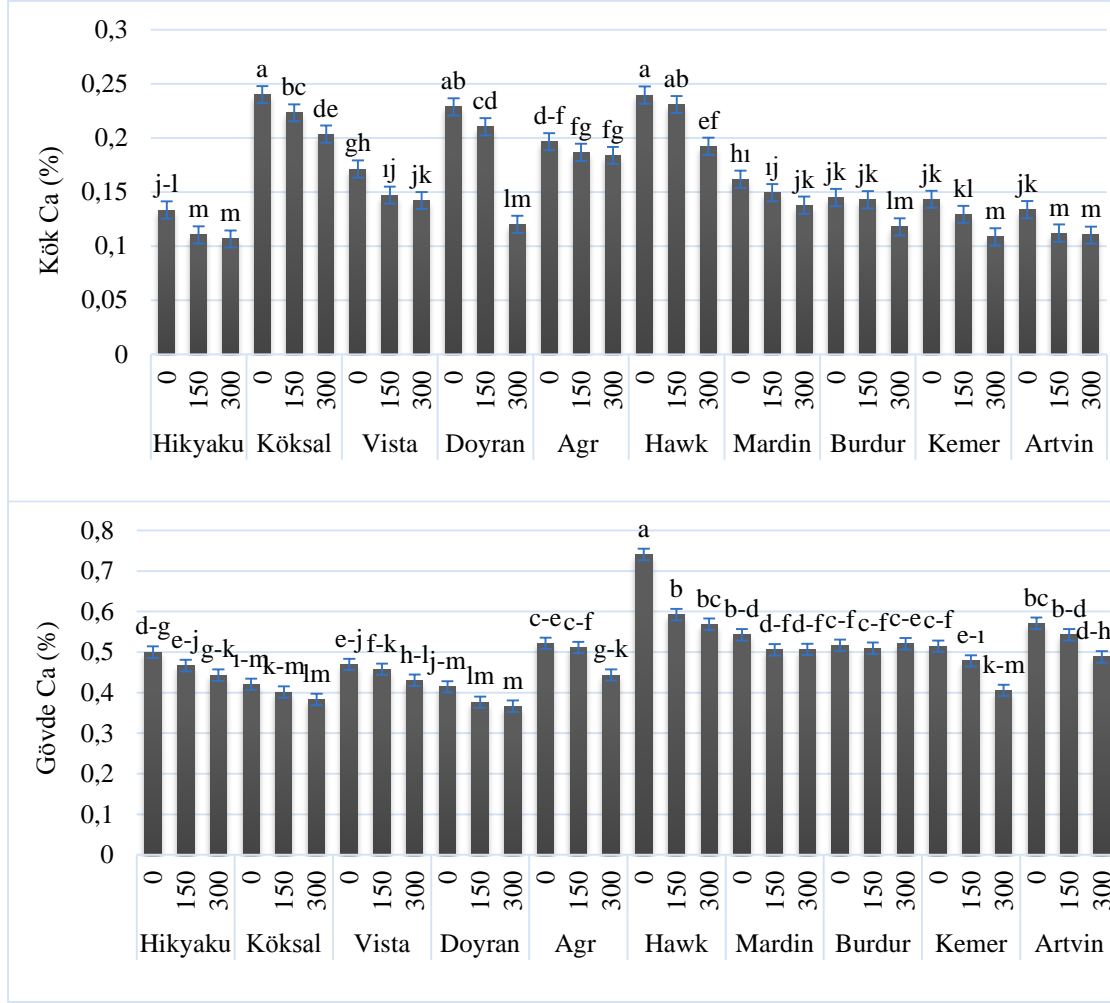
Kurşun stresine maruz kalmış olan patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Ca içerikleri istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Hem 150 ppm hemde 300 ppm Pb uygulamalarında bitkideki Ca içeriği azalmıştır. Anaç ve genotipler incelendiğinde 150 ppm Pb uygulamasında kök Ca % değişim oranlarına göre en fazla etkilenenler sırasıyla Hikyaku (-17,24) ve Artvin hopa (16,28) anacı vermiş genotipler arasında ise Burdur Merkez (-1,45) Ca içeriği bakımından en az etkilenen genotip olarak görülmüştür (Çizelge 4.5).

300 ppm Pb uygulamasında kök Ca azalma oranları dikkate alındığında en az etkilenenin diğer tüm anaç ve genotiplere göre AGR-703 (-6,46) anacı olduğu saptanmıştır. En fazla etkilenen anaçlar sırasıyla Doyran (-47,53) ve Kemer (-24,22) olduğu görülmüştür. Gövde Ca içeriği incelendiğinde 150 ppm Pb stresine maruz kalan genotiplerden Burdur Merkez (-1,45) ve AGR-703 (-1,97) en az etkilenenler olduğu görülmüştür. En fazla etkilenenler

ise Hawk (-20,01) anacı olmuştur. 300 ppm Pb stresine maruz kalındığında ise Hawk (-23,23) anacının ve Kemer (-21,17) genotipinin en fazla etkilenenler olduğu görülmüştür. En az etkilenen Burdur Merkez (-0,74) genotipi olarak göze çarpmaktadır.

Çizelge 4.5. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Ca içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Kalsiyum (Ca) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Kalsiyum (Ca) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hiyaku	0	0,13 ^{j-l}		0,50 ^{d-g}	
	150	0,11 ^m	-17,24	0,46 ^{e-j}	-6,67
	300	0,11 ^m	-20	0,44 ^{g-k}	-11,33
Köksal	0	0,24 ^a		0,42 ^{i-m}	
	150	0,22 ^{bc}	-7	0,40 ^{k-m}	-4,57
	300	0,20 ^{de}	-15,23	0,38 ^{lm}	-8,92
Vista-306	0	0,17 ^{gh}		0,47 ^{e-j}	
	150	0,14 ^j	-14,12	0,45 ^{f-k}	-2,57
	300	0,14 ^{jk}	-17,05	0,43 ^{h-l}	-8,36
Doyran	0	0,22 ^{ab}		0,41 ^{j-m}	
	150	0,21 ^{cd}	-8,04	0,37 ^{lm}	-9,07
	300	0,12 ^{lm}	-47,53	0,36 ^m	-11,48
AGR-703	0	0,19 ^{d-f}		0,52 ^{c-e}	
	150	0,18 ^{fg}	-5,04	0,51 ^{c-f}	-1,97
	300	0,18 ^{fg}	-6,46	0,44 ^{g-k}	-15
Hawk	0	0,24 ^a		0,74 ^a	
	150	0,23 ^{ab}	-3,61	0,59 ^b	-20,01
	300	0,19 ^{ef}	-19,75	0,57 ^{bc}	-23,23
Mardin Kızıltepe	0	0,16 ^{hi}		0,54 ^{b-d}	
	150	0,14 ^{ij}	-7,7	0,50 ^{d-f}	-6,8
	300	0,14 ^{jk}	-14,77	0,50 ^{d-f}	-6,62
Burdur Merkez	0	0,14 ^{jk}		0,51 ^{c-f}	
	150	0,14 ^{jk}	-1,45	0,51 ^{c-f}	-1,45
	300	0,11 ^{lm}	-18,89	0,52 ^{c-e}	-0,74
Kemer	0	0,14 ^{jk}		0,51 ^{c-f}	
	150	0,13 ^{kl}	-9,74	0,47 ^{e-l}	-7,06
	300	0,13 ^{kl}	-24,22	0,40 ^{k-m}	-21,17
Artvin hopa	0	0,14 ^{jk}		0,57 ^{b-c}	
	150	0,11 ^m	-16,28	0,54 ^{b-d}	-5
	300	0,11 ^m	-17,63	0,48 ^{d-h}	-14,49



Şekil 4.8. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Ca içerikleri

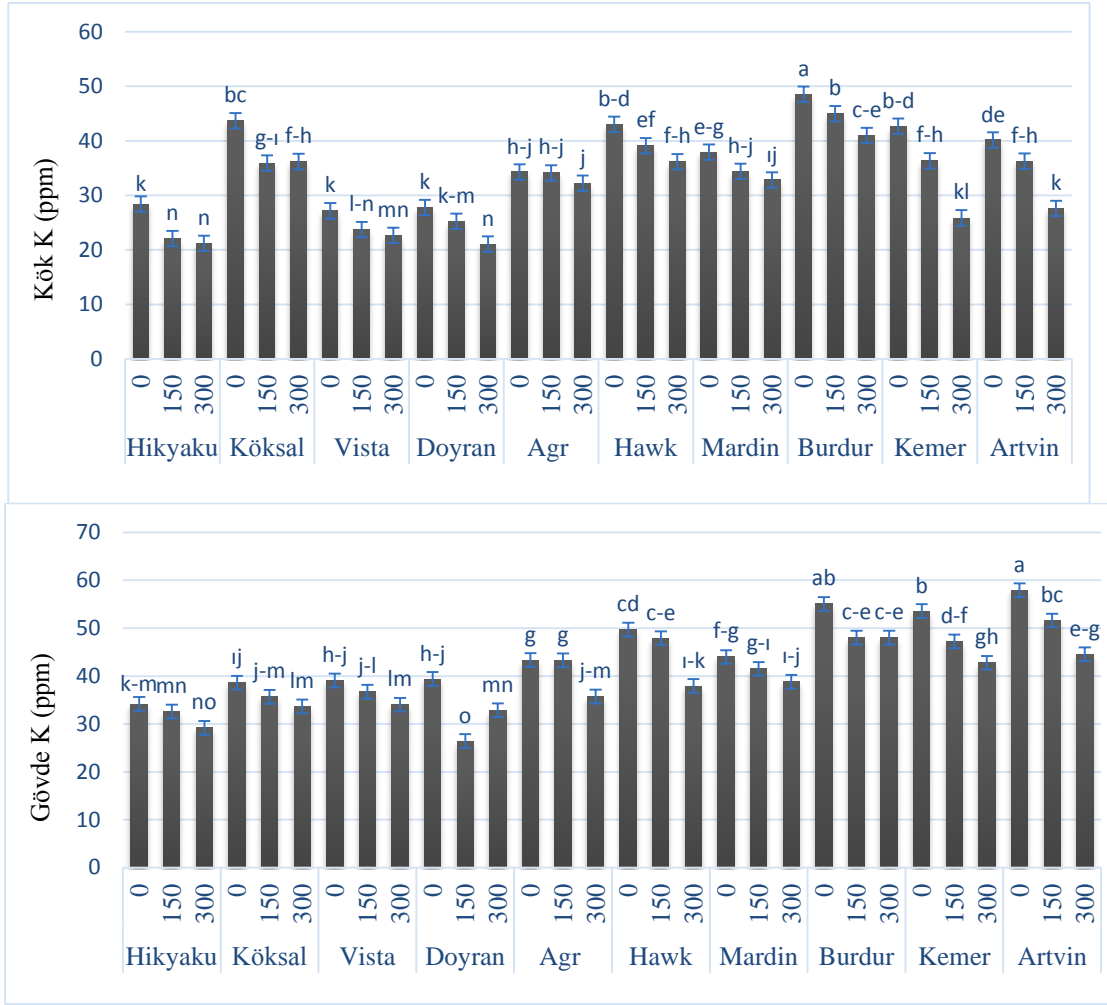
Yeşil aksam ve kök örneklerindeki K iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Kurşun stresine maruz kalmış olan patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki K miktarları istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 150 ppm Pb stresine maruz kalan anaç ve genotiplerin kök K yüzde değişim oranları dikkate alındığında en az kaybı AGR-703 (%-0,47) en fazla kaybı ise Hikyaku (-22,35) anacı vermiştir. 300 ppm Pb stresinde ise yine en az kaybı AGR-703 (%-5,88) en fazla kaybı ise Kemer (%-39,40) genotipi vermiştir.

Gövde K içeriği incelendiğinde anaç ve genotiplerin % değişim oranları da farklılık göstermektedir. 150 ppm Pb stresine maruz kalındığında K içeriğinde en az kaybı AGR-703 (%-0,16) ve Hawk (%-3,55) verirken en fazla kaybı Doyran (%-32,92) vermiştir. 300 ppm Pb stresinde ise en az kaybı sırasıyla Mardin Kızıltepe (%-11,72) ve Köksal (%-12,76) anaçı genotipi verirken en fazla kaybı Hawk (%-23,71) anaçı ve Artvin Hopa (%-23,06) genotipi vermiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki K içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Potasyum (K) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Potasyum (K) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hiyyaku	0	28,44 ^k		34,16 ^{k-m}	
	150	22,08 ⁿ	-22,35	32,58 ^{mn}	-4,63
	300	21,20 ⁿ	-25,46	29,18 ^{no}	-14,59
Köksal	0	43,68 ^{bc}		38,60 ^{ij}	
	150	35,91 ^{g-1}	-17,78	35,68 ^{j-m}	-7,59
	300	36,20 ^{f-h}	-17,13	33,68 ^{lm}	-12,76
Vista-306	0	27,16 ^k		36,06 ^{h-j}	
	150	23,70 ^{l-n}	-12,73	36,70 ^{j-l}	-6,04
	300	22,66 ^{mn}	-16,55	34,02 ^{l-m}	-12,89
Doyran	0	27,77 ^k		39,38 ^{h-j}	
	150	25,26 ^{k-m}	-9,04	26,41 ^o	-32,92
	300	21,06 ⁿ	-24,15	32,83 ^{mn}	-16,62
AGR-703	0	34,27 ^{h-j}		43,34 ^g	
	150	34,11 ^{h-j}	-0,47	43,27 ^g	-0,16
	300	32,25 ^j	-5,88	35,71 ^{j-m}	-17,6
Hawk	0	43,03 ^{b-d}		49,69 ^{cd}	
	150	39,11 ^{ef}	-9,11	47,93 ^{c-e}	-3,55
	300	36,18 ^{f-h}	-15,91	37,91 ^{l-k}	-23,71
Mardin Kızıltepe	0	37,93 ^{e-g}		43,98 ^{f-g}	
	150	34,41 ^{h-j}	-9,27	41,50 ^{g-1}	-5,64
	300	32,81 ^{ij}	-13,48	38,83 ^{l-j}	-11,72
Burdur Merkez	0	48,57 ^a		55,06 ^{ab}	
	150	44,99 ^b	-7,36	48,02 ^{c-e}	-12,78
	300	41,00 ^{c-e}	-15,59	48,02 ^{c-e}	-12,78
Kemer	0	42,68 ^{b-d}		53,58 ^b	
	150	36,35 ^{f-h}	-14,84	47,22 ^{d-f}	-11,86
	300	25,86 ^{kl}	-39,4	42,78 ^{gh}	-20,15
Artvin hopa	0	40,14 ^{de}		57,93 ^a	
	150	36,27 ^{f-h}	-9,64	51,60 ^{bc}	-10,93
	300	27,61	-31,21	44,58 ^{e-g}	-23,06



Şekil 4.9. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde K içerikleri

Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Fe iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Yeşil aksam ve kök örnekleriyle yapılan değerlendirmeler sonucu kurşun stresine maruz kalmış olan patlıcan anaç ve genotiplerinin Fe içeriğindeki değişimler istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Anaç ve genotiplerin % değişimleri kök Fe içeriği incelendiğinde 150 ppm Pb stresine maruz kalmada en az kaybı Vista-306 (%-7,92) anacı ve Kemer (-8,46) genotipinin verdiği görülmüştür. En fazla kaybı ise Artvin Hopa (%-38,38) genotipi ve Hikyaku (%-24,18) anacı vermiştir.

300 ppm Pb stresinde yine en fazla kaybı Artvin Hopa (%-50,93) genotipi verirken Doyran (%-36,09) anacı onu takip etmiştir. En az etkilenenler ise Vista-306 (%-15,16) ve Mardin Kızıltepe (%-17,58) genotipi olmuştur. Gövde Fe içeriği incelendiğinde ise 150 ppm Pb stresine maruz kalan anaç ve genotiplerinin Fe içeriğinde en az kaybı verenler Köksal (%-1,34)

anacı ve Burdur Merkez (%-1,65) genotipi verirken en fazla kaybı Kemer (%-23,94) ve Artvin Hopa (%-23,66) genotipi vermiştir. 300 ppm Pb stresine maruz kalındığında ise Vista-306 (%-13,88) ve Köksal (%-14,34) anaçları en az etkilenenler olurken en fazla kaybı Kemer (%-40,04) ve Artvin Hopa (%-37,05) hassas genotipleri vermiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Fe içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Demir (Fe) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Demir (Fe) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	284,41 ^{f-h}		86,17 ^a	
	150	215,63 ^{m-o}	-24,18	79,76 ^{ab}	-7,44
	300	206,95 ^{no}	-27,23	65,20 ^{e-h}	-24,33
Köksal	0	467,45 ^a		69,41 ^{d-f}	
	150	400,33 ^b	-14,36	68,48 ^{e-g}	-1,34
	300	380,00 ^{bc}	-18,71	59,45 ^{h-l}	-14,34
Vista-306	0	277,00 ^{f-i}		62,57 ^{f-j}	
	150	255,05 ^{h-l}	-7,92	61,00 ^{g-k}	-2,52
	300	235,00 ^{k-n}	-15,16	53,89 ^{k-m}	-13,88
Doyran	0	357,70 ^{cd}		71,81 ^{c-e}	
	150	290,66 ^{fg}	-18,74	59,63 ^{h-l}	-16,97
	300	228,60 ^{l-n}	-36,09	53,72 ^{k-m}	-25,20
AGR-703	0	373,02 ^{bc}		65,60 ^{e-h}	
	150	339,00 ^d	-9,12	55,00 ^{j-m}	-16,16
	300	278,20 ^{f-i}	-25,42	55,44 ^{i-m}	-15,50
Hawk	0	402,66 ^b		80,00 ^{ab}	
	150	332,01 ^{de}	-17,55	63,58 ^{f-h}	-20,52
	300	274,76 ^{fj}	-31,76	62,03 ^{f-j}	-22,46
Mardin Kızıltepe	0	293,83 ^{fg}		77,96 ^{bc}	
	150	247,48 ^{l-m}	-15,77	65,26 ^{e-h}	-16,29
	300	242,33 ^{j-m}	-17,53	63,33 ^{f-h}	-18,77
Burdur Merkez	0	327,00 ^{de}		77,71 ^{bc}	
	150	281,74 ^{f-h}	-13,84	76,44 ^{b-d}	-1,65
	300	266,33 ^{g-j}	-18,55	65,62 ^{e-h}	-15,57
Kemer	0	334,26 ^{de}		62,78 ^{f-i}	
	150	334,26 ^{de}	-8,46	47,75 ^m	-23,94
	300	248,65 ^{i-l}	-25,61	37,64 ⁿ	-40,04
Artvin hopa	0	388,86 ^{bc}		84,04 ^{ab}	
	150	239,64 ^{k-m}	-38,38	64,15 ^{e-h}	-23,66
	300	190,80 ^o	-50,93	52,90 ^{lm}	-37,05



Şekil 4.10. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Fe içerikleri.

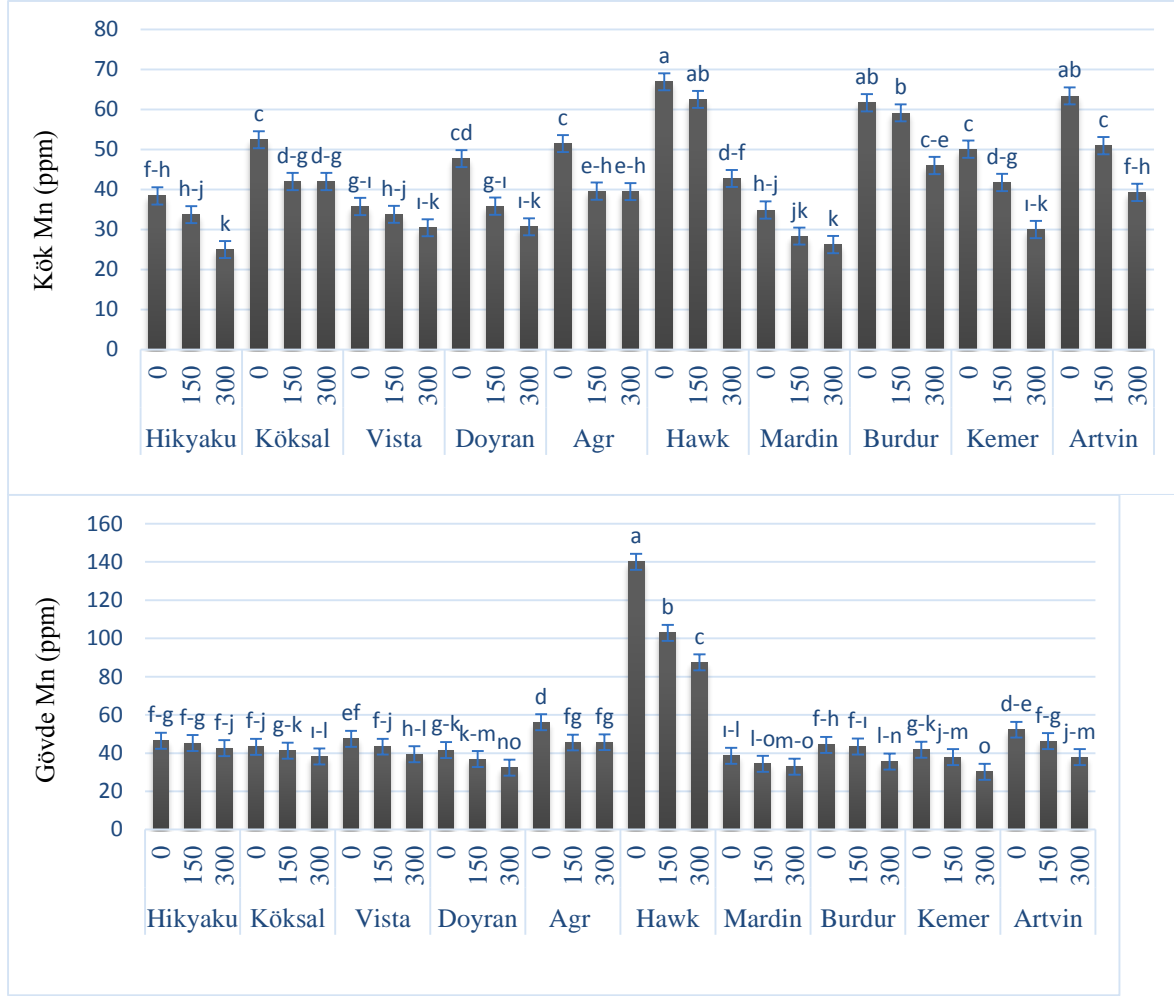
Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Mn iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Kurşun stresine maruz kalmış olan patlıcan anaç ve genotiplerinin yeşil aksam ve kök örnekleriyle yapılan değerlendirmeler sonucu Mn içeriği incelenmiş ve istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 150 ppm Pb stresi ile birlikte kök ve gövdede ki Mn içeriğinin % değişim oranları incelendiğinde kökte en az kaybı Burdur Merkez (%-4,10) genotipi ve Vista-306 (%-5,54) anaçı verirken en fazla kaybı Doyran (%-24,87) ve AGR 703 (%-23,12) anaçlarında görülmüştür. 300 ppm Pb değerlerinde ise Vista 306 (%-14,89) diğer anaç ve genotiplere göre az etkilenen olurken en fazla etkilenen Kemer (%-40,05) ve Artvin Hopa (%-38,01) olmuştur.

Gövde % değişim oranları incelendiğinde ise 150 ppm Pb uygulamasında en az kayıp Mardin Kızıltepe ve Burdur Merkez genotiplerinde gözlenmiştir. En fazla kayıp ise AGR-703'te gözlenmiştir. 300 ppm Pb uygulamasında ise en az etkilenenler sırasıyla Hikyaku ve Köksal da görülmüş en fazla kayıp ise Artvin Hopa ve Kemer genotiplerinin saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Mn içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Mangan (Mn) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Mangan (Mn) (g bitki ⁻¹)	Değişim(%)
Hikyaku	0	38,40 ^{f-h}		46,45 ^{fg}	
	150	33,72 ^{h-j}	-12,2	45,26 ^{fg}	-2,57
	300	25,00 ^k	-34,9	42,64 ^{f-j}	-8,22
Köksal	0	52,44 ^c		43,32 ^{f-j}	
	150	42,00 ^{d-g}	-19,92	41,26 ^{g-k}	-4,76
	300	42,00 ^{d-g}	-19,89	38,24 ^{i-l}	-11,73
Vista-306	0	35,77 ^{g-i}		47,50 ^{ef}	
	150	33,79 ^{h-j}	-5,54	43,34 ^{f-j}	-8,75
	300	30,45 ^{i-k}	-14,89	39,46 ^{h-l}	-16,92
Doyran	0	47,71 ^{cd}		41,65 ^{g-k}	
	150	35,84 ^{g-i}	-24,87	36,89 ^{k-m}	-11,43
	300	30,67 ^{i-k}	-35,72	32,43 ^{no}	-22,14
AGR-703	0	51,49 ^c		56,18 ^d	
	150	39,58 ^{e-h}	-23,12	45,52 ^{fg}	-18,98
	300	39,46 ^{e-h}	-23,36	45,71 ^{fg}	-18,62
Hawk	0	66,93 ^a		38,53 ^{i-l}	
	150	62,52 ^{ab}	-6,59	34,33 ^{l-o}	-10,9
	300	42,75 ^{d-f}	-36,12	32,82 ^{m-o}	-14,81
Mardin Kızıltepe	0	34,87 ^{h-j}		44,33 ^{f-h}	
	150	28,35 ^{jk}	-18,69	43,40 ^{f-i}	-2,1
	300	26,22 ^k	-24,8	35,61 ^{l-n}	-19,67
Burdur Merkez	0	61,66 ^{ab}		44,33 ^{f-h}	
	150	59,13 ^b	-4,1	43,40 ^{f-i}	-2,1
	300	46,00 ^{c-e}	-25,4	35,61 ^{l-n}	-19,67
Kemer	0	50,07 ^c		41,79 ^{g-k}	
	150	41,75 ^{d-g}	-16,6	37,97 ^{j-m}	-9,14
	300	30,02 ^{i-k}	-40,05	30,17 ^o	-27,79
Artvin hopa	0	63,39 ^{ab}		52,21 ^{de}	
	150	50,96 ^c	-38,01	46,25 ^{fg}	-11,4
	300	39,29 ^{f-h}		37,94 ^{j-m}	-27,32



Şekil 4.11. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Mn içerikleri

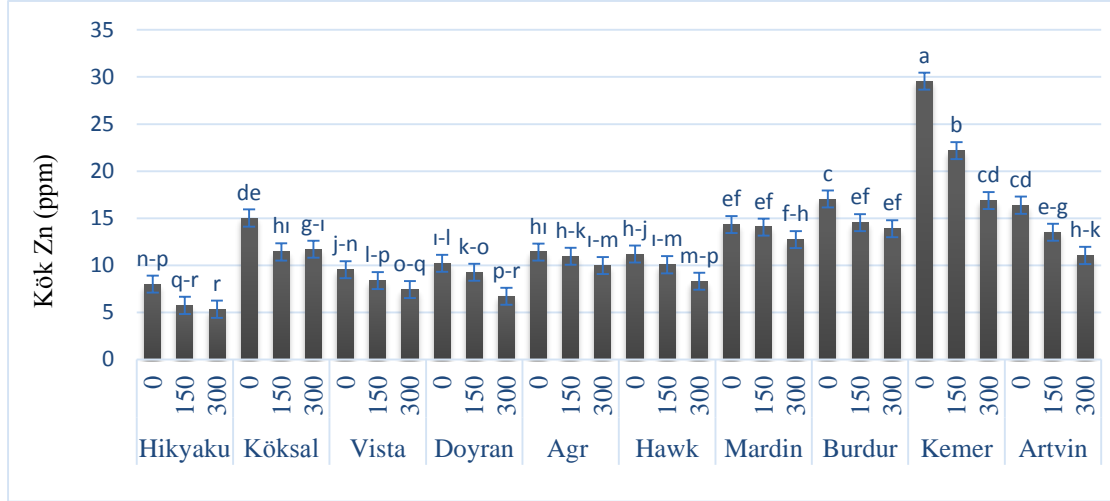
Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Zn iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Kurşun stresine maruz kalmış olan patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Zn içerikleri istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 150 ppm Pb stresine maruz kalan anaç ve genotiplerinin kök % değişim Zn değerlerine bakıldığında en az kaybı Mardin Kızıltepe (-1,90) genotipi ve AGR-703 (-3,95) anacında gözlenmiştir. En fazla kaybı ise Kemer (-24,96) genotipi ve Hikyaku (-28,07) anacı vermiştir. 300 ppm Pb stresine maruz kalmada ise Mardin Kızıltepe (-11,17) ve AGR-703 (-12,54) en az kaybı verenlerdir. En fazla kaybı ise Kemer (-42,89) genotipinde ve Doyran (-34,16) anacında gözlenmiştir. Gövde Zn değerleri incelendiğinde ise elde edilen veriler kontrol bitkisi ile eş değer sonuçlar vermiş Hawk anacı haricinde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.9).

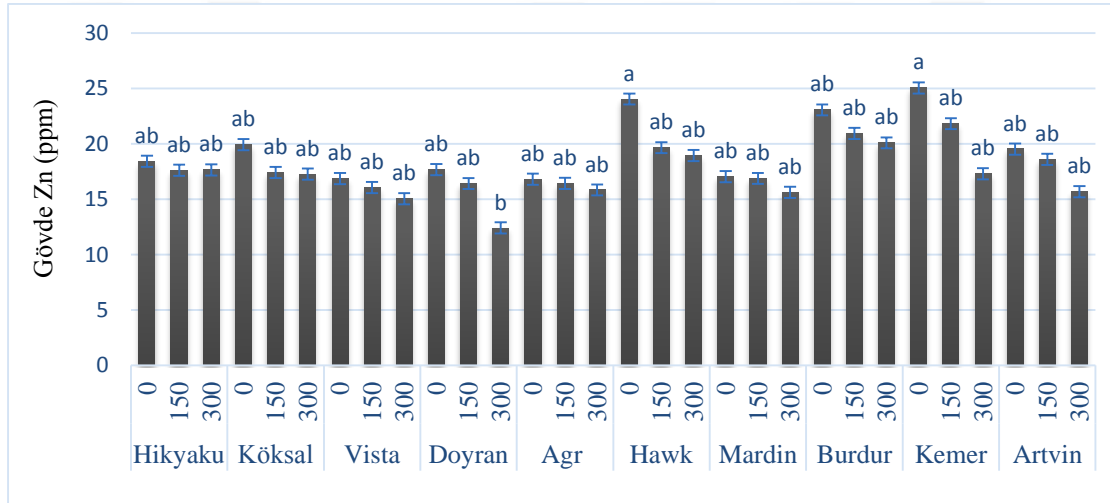
Çizelge 4.9. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Zn içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Çinko (Zn) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Çinko (Zn) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	8,00 ^{n-p}		18,42 ^{ab}	
	150	5,75 ^{q-r}	-28,07	17,62 ^{ab}	-4,35
	300	5,34 ^r	-33,18	17,65 ^{ab}	-4,18
Köksal	0	15,03 ^{de}		19,92 ^{ab}	
	150	11,43 ^{hi}	-23,95	17,40 ^{ab}	-12,61
	300	11,71 ^{g-1}	-22,05	17,26 ^{ab}	-13,32
Vista-306	0	9,53 ^{j-n}		16,86 ^{ab}	
	150	8,39 ^{l-p}	-12,04	16,06 ^{ab}	-4,77
	300	7,44 ^{o-q}	-21,95	15,05 ^{ab}	-10,74
Doyran	0	10,22 ⁱ⁻¹		17,67 ^{ab}	
	150	9,26 ^{k-o}	-9,37	16,42 ^{ab}	-7,11
	300	6,73 ^{p-r}	-34,16	12,41 ^b	-29,76
AGR-703	0	11,41 ^{hi}		16,80 ^{ab}	
	150	10,96 ^{h-k}	-3,95	16,43 ^{ab}	-2,15
	300	9,98 ^{i-m}	-12,54	15,84 ^{ab}	-5,71
Hawk	0	11,20 ^{h-j}		24,05 ^a	
	150	10,07 ^{i-m}	-10,09	19,66 ^{ab}	-18,26
	300	8,31 ^{m-p}	-25,78	18,94 ^{ab}	-21,25
Mardin Kızıltepe	0	14,34 ^{ef}		17,03 ^{ab}	
	150	14,06 ^{ef}	-1,9	16,88 ^{ab}	-0,91
	300	12,73 ^{f-h}	-11,17	15,62 ^{ab}	-8,31
Burdur Merkez	0	327,00 ^{de}		77,71 ^{bc}	
	150	281,74 ^{f- h}	-14,74	76,44 ^{b-d}	-1,65
	300	266,33 ^{g-j}	-18,48	65,62 ^{e-h}	-15,57
Kemer	0	29,56 ^a		25,05 ^a	
	150	22,18 ^b	-24,96	21,82 ^{ab}	-12,9
	300	16,88 ^{cd}	-42,89	17,30 ^{ab}	-30,92
Artvin hopa	0	16,39 ^{cd}	-17,52	19,53 ^{ab}	
	150	13,52 ^{e-g}	-32,58	18,59 ^{ab}	-4,81
	300	11,05 ^{h-k}		15,68 ^{ab}	-19,69

Aynı harfler interaksiyonlar arasındaki farklılıkların p %5 'e göre önemli olmadığını göstermektedir.



(a)



(b)

Şekil 4.12. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Zn içerikleri

a)Kök Zn içerikleri

b)Gövde Zn içerikleri

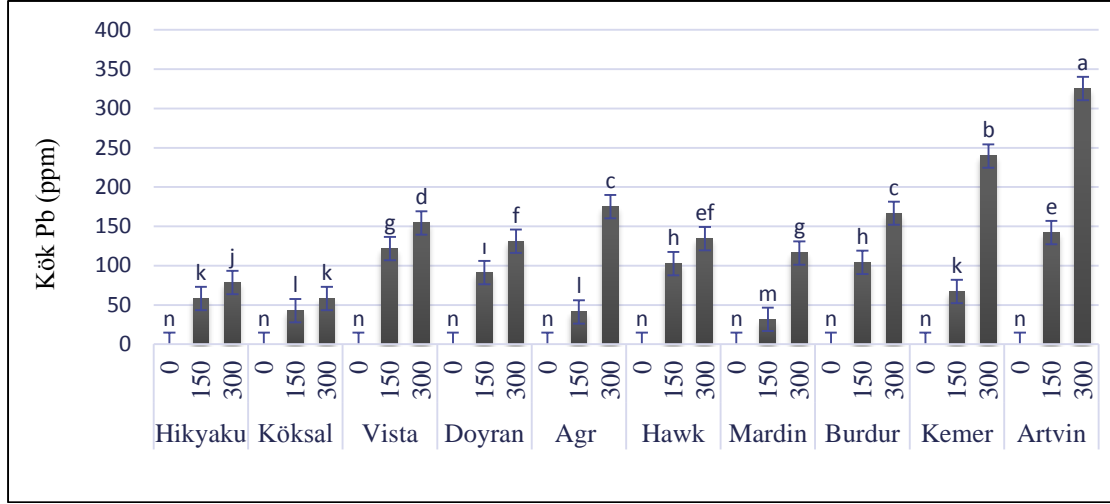
Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Pb iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Pb içerikleri istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Hem kök hem de gövde de 150 ve 300 ppm Pb uygulamalarıyla birlikte kontrol grubuna göre önemli derece de artış vardır. Bitkilerde Pb uyguladıktan sonra bünyelerindeki kurşun miktarına bakmamızın asıl amacı kök ve gövdedeki kurşun biriktirme kapasitelerini saptamaktır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre kök bölgesindeki verilerde sırasıyla 300 ppm kurşun uygulamasında Artvin Hopa %32446,73 ve Kemer %23857,13 hassas genotipleri olmuştur. Köksal ise %3790,13 değeri ile kökte en az birikme yapan anaçtır. 150 ppm de bitkilerin köklerinde elde edilen verilere göre Vista-306

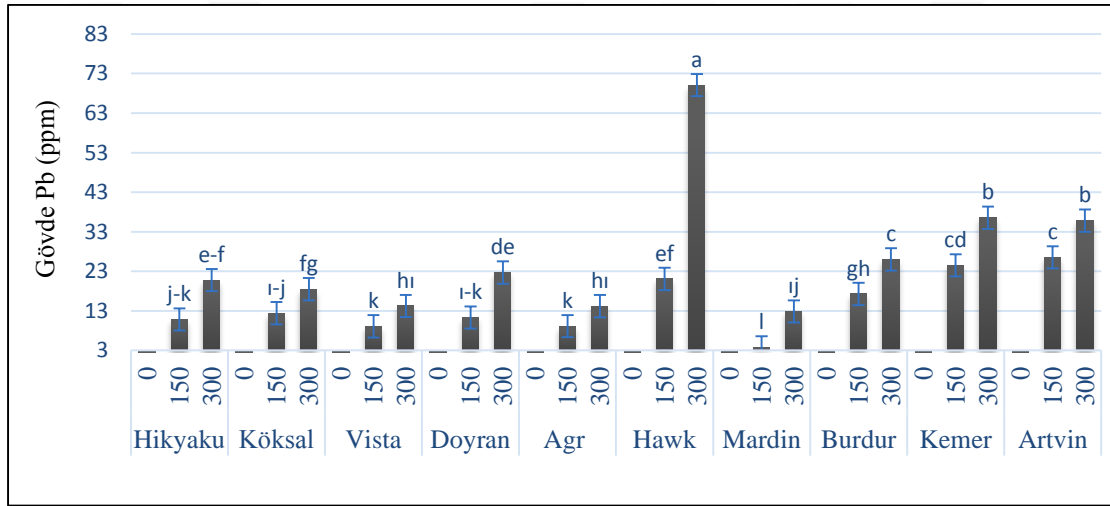
%12070,10 ve Burdur Merkez %10307,33 anaçları hassas genotipler olurken Mardin Kızıltepe %3076,07 en az etkilenen genotip olmuştur. Gövde değerlerine baktığımız da ise en göze çarpan sonucu %7005,00 ile Hawk 300 ppm vermiştir ve gövde de en fazla kurşunu biriktirmiştir. Kontrol grubuna en yakın değer ile Mardin Kızıltepe diğerlerine göre en az birikme yapan grup olmuştur. 150 ppm sonuçlarına göre ise Kemer ve Artvin hassas genotipleri en duyarlı gruplar olurken kontrole en yakın değeri veren genotip Vista-306 ve AGR 703 anaçları olmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Pb içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Mangan (Mn) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Mangan (Mn) (g bitki ⁻¹)	Değişim(%)
Hikyaku	0	38,40 ^{f-h}		46,45 ^{fg}	
	150	33,72 ^{h-j}	-12,2	45,26 ^{fg}	-2,57
	300	25,00 ^k	-34,9	42,64 ^{f-j}	-8,22
Köksal	0	52,44 ^c		43,32 ^{f-j}	
	150	42,00 ^{d-g}	-19,92	41,26 ^{g-k}	-4,76
	300	42,00 ^{d-g}	-19,89	38,24 ^{i-l}	-11,73
Vista-306	0	35,77 ^{g-i}		47,50 ^{ef}	
	150	33,79 ^{h-j}	-5,54	43,34 ^{f-j}	-8,75
	300	30,45 ^{i-k}	-14,89	39,46 ^{h-l}	-16,92
Doyran	0	47,71 ^{cd}		41,65 ^{g-k}	
	150	35,84 ^{g-i}	-24,87	36,89 ^{k-m}	-11,43
	300	30,67 ^{i-k}	-35,72	32,43 ^{no}	-22,14
AGR-703	0	51,49 ^c		56,18 ^d	
	150	39,58 ^{e-h}	-23,12	45,52 ^{fg}	-18,98
	300	39,46 ^{e-h}	-23,36	45,71 ^{fg}	-18,62
Hawk	0	66,93 ^a		38,53 ^{i-l}	
	150	62,52 ^{ab}	-6,59	34,33 ^{l-o}	-10,9
	300	42,75 ^{d-f}	-36,12	32,82 ^{m-o}	-14,81
Mardin Kızıltepe	0	34,87 ^{h-j}		44,33 ^{f-h}	
	150	28,35 ^{jk}	-18,69	43,40 ^{f-i}	-2,1
	300	26,22 ^k	-24,8	35,61 ^{l-n}	-19,67
Burdur Merkez	0	61,66 ^{ab}		44,33 ^{f-h}	
	150	59,13 ^b	-4,1	43,40 ^{f-i}	-2,1
	300	46,00 ^{c-e}	-25,4	35,61 ^{l-n}	-19,67
Kemer	0	50,07 ^c		41,79 ^{g-k}	
	150	41,75 ^{d-g}	-16,6	37,97 ^{j-m}	-9,14
	300	30,02 ^{i-k}	-40,05	30,17 ^o	-27,79
Artvin hopa	0	63,39 ^{ab}		52,21 ^{de}	
	150	50,96 ^c	-38,01	46,25 ^{fg}	-11,4
	300	39,29 ^{f-h}		37,94 ^{j-m}	-27,32



(a)



(b)

Şekil 4.13. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Pb içerikleri

- a) Kök değerleri
b) Gövde değerleri

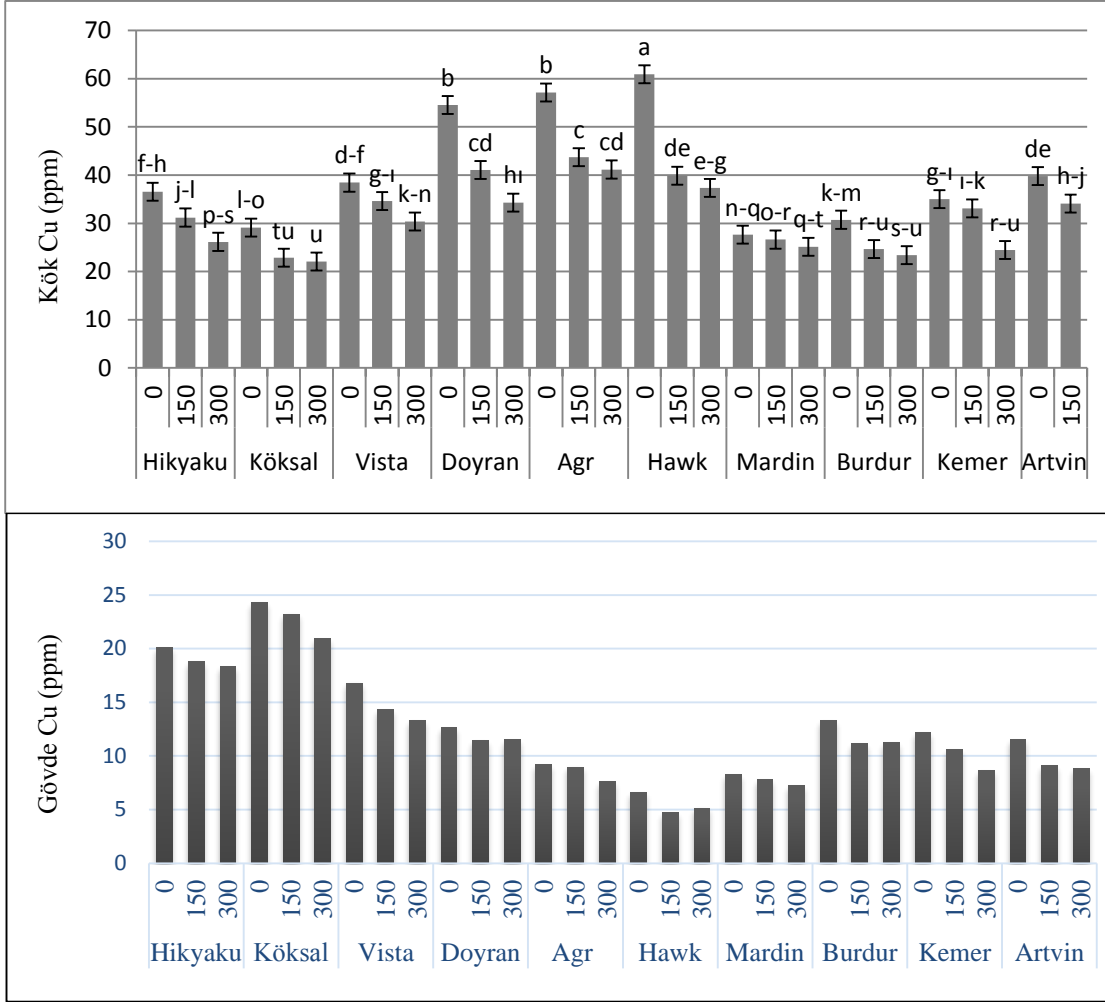
Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Cu iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Anaç ve genotiplerin kurşun stresine vermiş oldukları tepkiler incelendiğinde Cu iyonunun bitki kök ve gövdesinde farklı veriler elde edilmiştir buna göre Pb stresine maruz kalındığında elde edilen gövde Cu sonuçları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 6.6). Kök Cu değerleri ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre % değişim değerleri incelendiğinde 150 ppm Pb stresine maruz kalındığında en çok kaybı sırasıyla Hawk (-34.49) ve Doyran (-24.75) anaçları verirken en az kaybı Mardin Kızıltepe (-3.62) ve Kemer (-5.48) genotipleri vermiştir. 300 ppm Pb toksisitesinde ise en çok etkilenen yine Doyran (-37.16) ve Hawk (-38.65) anaçları olmuştur.

Mardin Kızıltepe (-8.93) ve Vista-306 (-21.03) en az etkilenenler olarak göze çarpar (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Cu içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Gövde Bakır(Cu) (g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Kök (Cu) (g bitki ⁻¹)	Bakır	Değişim (%)
Hikyaku	0	20,09		36,56 ^{f-h}		
	150	18,80	-6,44	31,20 ^{j-l}		-14,67
	300	18,29	-8,95	26,15 ^{p-s}		-28,48
Köksal	0	24,32		29,10 ^{l-o}		
	150	23,22	-4,50	22,85 ^{tu}		
	300	20,94	-13,90	22,05 ^u		-21,47 -24,20
Vista-306	0	16,77		38,44 ^{d-f}		
	150	14,34	-14,48	34,59 ^{g-i}		-10,00
	300	13,26	-20,91	30,36 ^{k-n}		-21,03
Doyran	0	12,63		54,56 ^b		
	150	11,42	-9,63	41,05 ^{cd}		-24,75
	300	11,49	-9,02	34,29 ^{hi}		-37,16
AGR-703	0	9,17		57,14 ^b		
	150	8,95	-2,36	43,69 ^c		-23,53
	300	7,62	-16,83	41,16 ^{cd}		-27,97
Hawk	0	6,62		60,90 ^a		
	150	4,72	-28,63	39,89 ^{de}		-34,49
	300	5,16	-22,09	37,36 ^{e-g}		-38,65
Mardin Kızıltepe	0	8,29		27,62 ^{n-q}		
	150	7,78	-6,14	26,62 ^{o-r}		-3,62
	300	7,23	-12,75	25,15 ^{q-t}		-8,93
Burdur Merkez	0	13,29		30,74 ^{k-m}		
	150	11,15	-16,14	24,64 ^{r-u}		-19,84
	300	11,25	-15,41	23,42 ^{s-u}		-23,81
Kemer	0	12,15		35,03 ^{g-i}		
	150	10,56	-13,13	33,11 ^{l-k}		-5,48
	300	8,65	-28,81	24,47 ^{r-u}		-30,15
Artvin hopa	0	11,52		39,78 ^{de}		
	150	9,07	-21,25	34,09 ^{h-j}		-14,30
	300	8,80	-23,63	28,14 ^{m-p}		-29,26



Şekil 4.14. Patlıcan anaç ve genotiplerinin kök ve gövde Cu içerikleri.

Yeşil aksam ve kök örneklerindeki Mg iyon miktarı bakımından ortaya çıkan değişimler

Kurşun stresine maruz bırakılan anaç ve genotiplerin Mg iyon sonuçları incelendiğinde hem yeşil aksam hemde kök verilerine göre istatistiksel bakımdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Patlıcan anaç ve genotiplerinin gövde ve kökteki Mg içeriğinde meydana gelen değişiklikler

Anaç adı	Pb (ppm)	Kök Magnezyum (Mg)(g bitki ⁻¹)	Değişim (%)	Gövde Magnezyum (Mg)(g bitki ⁻¹)	Değişim (%)
Hikyaku	0	0,11		0,14	
	150	0,10	-8,60	0,13	-6,37
	300	0,09	-18,69	0,12	-12,09
Köksal	0	0,08		0,16	
	150	0,07	-16,81	0,14	-9,83
	300	0,07	-12,47	0,13	-15,98
Vista-306	0	0,09		0,13	
	150	0,08	-10,42	0,12	-7,41
	300	0,08	-10,25	0,12	-8,07
Doyran	0	0,09		0,14	
	150	0,08	-15,16	0,12	-13,63
	300	0,08	-11,62	0,12	-17,65
AGR-703	0	0,10		0,16	
	150	0,09	-3,90	0,15	-6,94
	300	0,09	-10,72	0,13	-22,78
Hawk	0	0,10		0,12	
	150	0,09	-4,76	0,11	-10,35
	300	0,07	-24,57	0,11	-5,39
Mardin Kızıltepe	0	0,07		0,14	
	150	0,06	-5,40	0,12	-13,87
	300	0,06	-9,77	0,11	-16,37
Burdur Merkez	0	0,08		0,13	
	150	0,07	-5,79	0,13	-0,96
	300	0,07	-3,73	0,11	-17,00
Kemer	0	0,08		0,13	
	150	0,08	-4,17	0,13	-2,82
	300	0,07	-14,51	0,10	-19,87
Artvin hopa	0	0,08		0,16	
	150	0,08	-2,49	0,12	-24,00
	300	0,07	-21,47	0,12	-27,03



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Tartışma

Ağır metal stresi günümüzde en büyük kirlilik unsurlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok anaç ve genotip biyotik stresler bakımından çalışılmış iken abiyotik stresler açısından yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmadaki amaç daha önce çalışılmayan patlıcan anaç ve genotiplerin kurşun (Pb) stresine dayanım durumlarını ve göstermiş oldukları tepkileri incelemek ve ağır metal stresinin önemini ve zararını vurgulamaktır. Çalışmada yer alan anaç ve genotipler saksı ortamında kontrol, 150 ppm, 300 ppm koşulları altında ayrı ayrı incelenmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Çalışmada istatistiksel olarak elde edilen sonuçlara göre Pb dozuna bağlı olarak anaç ve genotiplerdeki değişimler yeşil aksam-kök yaş ağırlıkları, yeşil aksam-kök kuru ağırlıkları (Topal ve diğerleri, 2017) ve mineral element analizleri bakımından önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Kurşun toksisitesi ile birlikte patlıcan anaç ve genotiplerin de yeşil aksam yaş ağırlık ve kuru ağırlık sonuçları kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında önemli kayıpların olduğu görülmüştür. Elde edilen verilere göre 300 ppm kurşun dozunda daha fazla kayıp verilirken 150 ppm kurşun dozunda genellikle daha düşük değerler göze çarpmaktadır (Topal ve diğerleri, 2017). Kurşun stresine bağlı olarak denemenin 20 günü boyunca sera koşullarında yetiştirilen bitkiler hasat gününe kadar gözlenmiş ve oluşan septomatik etkiler kaydedilmiştir. Kurşun stresi ile birlikte 1.haftanın sonunda özellikle bazı anaçlarda bu septomatik etki daha da belirginleşmiştir. İlk nekrotik belirti Hikyaku'nun hem 150 ppm hem de 300 ppm kurşun uygulamasında yapraklarda gözlenmiştir. Daha sonra ise aynı nekrotik belirti Vista-306 anacının yapraklarında 300 ppm Pb uygulamasında kaydedilmiştir. Aynı haftanın sonunda ise 150 ppm kurşun uygulamasında Burdur ve Kemer genotiplerinde 300 ppm Pb uygulamasında ise Doyran, AGR-703, Mardin Kızıltepe, Kemer, Artvin-Hopa, Hikyaku ve Vista 306'da kaydedilmiştir.

Deneme sonuna kadar Köksal ve Hawk anacınında her iki kurşun dozunda da herhangi bir belirtiye rastlanmamıştır. Denemenin sonuna doğru Pb stresi ile birlikte bitkilerin yaşlı yapraklarında dökülme, büyümede duraklama, kök büyümesinin hızlı inhibisyonu, bitkinin

büyüme geriliği ve yapraklarda kloroz etkisi yarattığı gözlenmiştir. Aynı zamanda daha önce yapılan çalışmalar da Pb stresi ile birlikte hem 150 ppm hemde 300 ppm dozlarında bitkilerin kök boyu, gövde boyu ve yaprak alanlarında da stres miktarının artmasına paralel olarak azalma olduğu kaydedilmiştir (Topal ve diğerleri, 2017).

Yaprak alanındaki azalmalar göstermiştir ki kurşun stresine maruz kalan bir bitkide en çok etkilenen organın kök olmadığı yaprakların da önemli ölçüde etkilendiği saptanmıştır. Barcelò ve Poschenrieder (1990), yaptıkları çalışmada ağır metal stresinin birçok yönden bitkileri olumsuz olarak etkilediğini özellikle enzim ve hormon aktivitelerini, su ilişkilerini ve kök büyümesini değiştirmeyi de içeren bitki fizyolojisinde birçok zarara sebep olduklarından bahsetmişlerdir. Bizim elde ettiğimiz bulgular bu çalışmanın bulguları ile uyumludur.

Elde edilen bulgulara göre yeşil aksam yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki en yüksek değeri, istatistiksel olarak kontrol ile aynı grupta yer almasıyla 'Köksal-F1 x 150 ppm Pb' vermiştir. Yeşil aksam kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde ise en yüksek değerleri sırasıyla 'Vista-306 x 150 ppm Pb', Hikyaku x 150 ppm Pb ve 'Doyran x 150 ppm Pb' uygulamalarında görülmüştür.

Genel olarak kurşun stresine maruz bırakılan bitkilerin yaş ağırlık ve kuru ağırlık değerleri hem kök hem de gövdede kontrol bitkilerine göre azalmıştır. Kıran ve diğerleri (2015), yapmış olduğu bir çalışmada farklı ağır metal uygulamaları sonucu bitkilerde yeşil aksam kök ve gövdelerin strese maruz kalmaları ile miktarlarında azalma olduğunu saptamıştır. Yeşil aksam kuru ağırlık sonuçlarına göre ise en az kaybı Köksal-F1 ve Burdur Merkez genotipleri vermiştir. Kök yaş ve kuru ağırlıkları da Pb stresinden olumsuz etkilenmiş ve kök yaş ağırlık sonuçlarına göre en az kaybı 150 ppm Pb uygulanan Köksal, Burdur Merkez ve Vista-306'da saptanmıştır.

Köksal-F1 ve Mardin Kızıltepe kök kuru ağırlığı incelendiğinde en az etkilenenler olarak göze çarpmıştır. Kıran ve diğerleri (2015), yaptıkları bir çalışmada yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlığı incelendiğinde genel olarak en fazla kaybın 150 ppm'e göre 300 ppm Pb stresi ile verildiği ve bitkilerin bu uygulamada daha fazla zarar gördüğü belirlenmiştir.

Hem düşük hem de yüksek doz uygulamasında en fazla etkilenen genotipler Kemer ve Artvin Hopa olurken Köksal F1 ve AGR703 anaçları ise kurşun toleransı en yüksek olanlar olarak belirlenmiştir (Topal ve diğerleri, 2017). Bir başka çalışmada bazı ağır metallerin bitki üzerindeki etkileri araştırılmış ve kadmiyum, bakır ve çinkonun bitkide birçok fizyolojik etkiden kaynaklı olarak bitki yaş ağırlıklarında azalmalara neden olduğu saptanmıştır (Sossé ve diğerleri, 2004; Vaillant ve diğerleri, 2005; Moyo ve Chimpira, 2009).

Ağır metal stresi karşısında yeşil aksam ve kökteki Ca^{+2} iyon miktarının 150 ppm ve 300 ppm kurşun uygulaması sonucu kontrole göre anaç ve genotipler de farklı oranlarda azalmalar meydana getirmiştir. Yapılan bir araştırmaya göre Pb stresine maruz kaldıktan sonra kök uçlarındaki Ca^{+2} 'nin azalmasına bağlı olarak hücre bölünmesinde veya hücre uzamasında azalmaların olduğu bildirilmiştir (Hausling ve diğerleri, 1988). Genel olarak Ca^{+2} iyonu bakımından en fazla etkilenen hem 150 ppm hem de 300 ppm de Hawk anacında olmuştur. Yapılan birçok araştırma abiyotik streslere maruz kalındığında bitkilerde Ca^{+2} iyonunda azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir (Stagnari ve diğerleri 2014). En az kaybı ise her iki uygulama da Burdur Merkez genotipi vermiştir. Tuz stresine dayanımının yüksek olduğu bilinen Burdur Merkez genotipi bir araştırmada Ca^{+2} iyonu bakımından en az kaybı verdiği bildirilmiştir (Kıran ve diğerleri, 2017) ve bu elde edilen sonuçla beraber abiyotik streslere maruz bırakılan Burdur merkez genotipinin Ca^{+2} bakımından en az etkilenen genotip olduğu doğrulanır.

Uygulamalar sonucunda bitkilerin kök ve gövde boyları sonuçları karşılaştırıldığında ise bitkide kök bölgesinin daha fazla etkilendiği ve daha kısa boylu olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalarda Pb ağır metalinin patlıcan bitkisinde kök, sürgün ve yaprak dokularının artması ile birlikte bitkinin büyüme ve gelişmesine zarar verdiği saptanmıştır.

Aşırı Pb konsantrasyonunun bitki dokusunda artmasıyla birlikte kök bölgesinin ciddi oranda etkilendiği ve kök uzunluğu ve gövde boyu ile kök ve gövde taze ve kuru ağırlıkları kontrollerle karşılaştırıldığında azaldığı bildirilmiştir (Yılmaz ve diğerleri, 2009). Hem kök hem de gövde boylarında kontrol bitkilerine göre gerileme olmuştur fakat kökte bu oran daha fazladır. Kemer ve Artvin Hopa en fazla etkilenen genotipler olurken Burdur Merkez ve Mardin Kızıltepe en az zarar gören genotipler olmuştur (Topal ve diğerleri, 2017).

Pb stresi koşullarında anaç ve genotiplerin K^+ miktarları incelendiğinde hem yeşil aksamda hemde kökte azalmalar olduğu gözlenmiştir. Genel olarak yeşil aksam ve kökte AGR-703 anacının her iki uygulamada da en az etkilenen anaç olduğu görülmüştür. En fazla etkilenen artan doz miktarına bağlı kalınarak Hawk anacında gözlenmiştir. Potasyum birçok enzim sisteminin bir koenzim veya aktivatörü gibi davranır. K eksikliği bitkide yavaş büyüme sebeplerindedir. Eksiklik şiddetli hale gelirse, yapraklar yanmış görünümünü veren marjinal kloroz gelişir (Joiner, 1983; Jones, 1983). Kök, sürgün ve yapraklardaki K seviyeleri artan Pb uygulamaları ile önemli azalmalar gösterdiği Paivoke (2002), araştırmacılar tarafından doğrulanır. Tuz stresi çalışılmış olan patlıcan, domates ve pamuk bitkisinde de K^+ iyon miktarının kökte azaldığı belirtilmiştir (Yong ve diğerleri, 2014).

Fe iyonunu kurşun stresi bakımından incelendiğinde kontrol grubuna göre azalmalar olduğu saptanmıştır. Demir, klorofil sentezi için gereklidir ve fotosentez ve solunumda elektron taşıyıcıları olarak görev yapan sitokromların önemli bir parçasıdır 150 ve 300 ppm Pb dozlarında Artvin Hopa hassas genotipi hem yeşil aksam hem de kökte elde edilen verilere göre en fazla etkilenen genotip olmuştur. Abiyotik stres koşullarında Fe iyonunda azalmaların olduğu birçok çalışmada belirtilmiş olup kuraklık stresi altında yapraktaki su potansiyelinin azaldığı nohut ve mercimek bitkilerinin Fe iyonunda da azalma görülebileceği araştırmacılar tarafından saptanmıştır (Güneş, 2006). Köksal ve Vista-306 anaçları ise her iki uygulamada da en az etkilenenler olmuştur. Sürgünlerde ve yapraklardaki Fe seviyesi, artmakta olan Pb uygulamalarında azalma göstermektedir.

Ağır metallerin neden olduğu yaprak klorofil konsantrasyonundaki azalmalar, genellikle uyarılan bir Fe eksikliğine atfedilmektedir (Wallace ve diğerleri, 1992).

Pb stresi koşullarında Mn iyonu da yeşil aksam ve kök değerlerine göre olumsuz etkilenmiştir. Norveç ladininde, Ca ve Mn seviyesinin, Pb ile azaldığı aynı zamanda *Picea abies* bitkisinde de Pb uygulaması ile Mn seviyesinin düştüğü bildirilmiştir (Sieghardt, 1988). 150 ve 300 ppm kurşun uygulamasında doz artışına bağlı olarak bitkilerin etkilenme oranları farklılık göstermiştir. 150 ppm kurşun dozunda hem yeşil aksam hemde kökte Burdur Merkez en az etkilenen genotip olmuştur. En fazla etkilenen ise AGR-703 anacıdır. 300 pmm kurşun uygulamasın da ise doz artışına bağlı olarak toleranslı ve hassas genotiplerin vermiş olduğu sonuçlar farklıdır. En az etkilenen kuraklık ve tuz stresine karşı

da toleranslı olduğu bilinen Köksal anacı olurken en fazla etkilenenler Artvin Hopa ve Kemer hassas genotipleri olmuştur.

Kurşun stresine maruz bırakılan bitkilerin çinko değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hem yeşil aksam hem de kökte Zn iyonunda kontrol değerlerine göre azalma meydana gelmiştir. Bir enzim aktivatörü olan çinko, indoleasetik asit hormonu oluşumu için gereklidir. Kök, sürgün ve yapraklardaki Zn seviyesi artan Pb uygulamaları ile önemli azalmalar göstermiştir (Jones 1983; Bergman 1985). Yapılan araştırmalar elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Kök değerleri incelendiğinde her iki kurşun uygulamasında da Mardin Kızıltepe ve AGR-703 genotipleri en az etkilenen gruplar olmuş en fazla etkilenen ise Kemer genotipi olmuştur. Gövde de elde edilen sonuçlar ise kontrol grubu ile eş değer olur önemli bulunmamıştır.

Pb, fiziksel olarak iyonların köklerin emilim bölgelerine girmesini engelleyerek dokulardaki K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe minerallerin dengesizliğine neden olur. Buna bağlı olarak bitkilerdeki iyon miktarındaki azalmalar özellikle kök bölgelerinde kontrole göre daha fazladır. Kurşun iyonundan en fazla etkilenen Artvin Hopa ve Kemer hassas genotipleri olarak belirlenmiş olup bu bitkilerin diğer iyon sonuçlarında da aynı hassasiyeti gösterdiği saptanmıştır.

Abiyotik streslere karşı toleranslı olduğu bilinen Köksal ve Mardin Kızıltepe ise bünyelerinin de daha az kurşun biriktirerek en az etkilenen genotiplerdir. Pb bitkilere yüksek seviyelerde uygulandığında düşük seviyeli Pb uygulamalarına göre mineral elementlerin bitki tarafından alınımını azalttığı ve hatta inhibe ettiği elde ettiğimiz sonuçlar gözönünde bulundurularak söylenebilir. Yılmaz (2009) yaptığı çalışmada da bitkilerin kökleri ile alınan iyonların Pb tarafından inhibe edildiği sonuçlarına varılmıştır ve bizim elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir.

Bakır, bir elektron taşıyıcısıdır ve belirli proteinlerin ve enzimlerin bir bileşeni olarak işlev görür. Cu eksikliği klorotik yaşlı yapraklarla bodur olan bitkilerde daha fazla görülür ve gelişmekte olan meyvelerin küçük ve zayıf biçimde olmasına sebep olur (Resh 1983; Bergman 1985). Bakır iyonlarının istatistiksel verilerine baktığımızda anaç ve genotiplerin yeşil aksam değerlerinde elde edilen veriler istatistiksel bakımdan önemli bulunmazken kökteki verilerin önemli olduğu saptanmıştır ve buna göre Hawk ve Doyran anaçları en fazla etkilenenlerdir. En az etkilenen ise Mardin Kızıltepe genotipi olmuştur. Yüksek Pb stresine maruz kalan bitkilerde

düşük kök Zn ve Cu konsantrasyonları, aşırı Pb'nin kök yüzeyindeki emilimini baskılayabileceğini göstermektedir (Paivoke, 2002). Mg iyon verileri ise hem yeşil aksam hem de kökte değerleri bakımından önemli bulunmamıştır.

5.2. Sonuç

Bu tez çalışmasında ülkemizde yaygın olarak tarımı yapılan patlıcan bitkisinin, kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına karşı tepkileri daha önce belirlenmiş olan bazı anaç ve genotiplerin önemli bir ağır metal kirleticisi olan kurşun (Pb) ağır metale karşı vermiş oldukları tepkiler saptanmış ve stres koşulları altındaki performansları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Sera koşullarında 20 gün boyunca 4-5 gerçek yaprak aşamasına geldikten sonra kontrol, 150 ppm Pb, 300 ppm Pb olmak üzere 4 kültür patlıcanı ve 6 patlıcan hibritlerinden oluşan anaçlarının kontrollü bir şekilde Pb stresine dayanım durumları test edilmiştir.

Bitki büyüme ve gelişmesinin artan kurşun düzeyine paralel olarak azaldığı görülmüştür. Özellikle 300 ppm kurşun uygulamasında kök ve gövde ağırlıklarının ciddi oranda azaldığı saptanmıştır. Genotipler kurşun stresine farklı tepkiler vermiştir. Burdur Merkez, Mardin Kızıltepe bazı anaç ve genotiplere göre daha iyi performans göstermişlerdir fakat kurşun dozu arttığında performansları düşmüştür. Köksal ve AGR-703 anacı ise en iyi performans gösterenlerdir. Kemer ve Artvin Hopa hassas genotipleri diğer abiyotik streslerde olduğu gibi kurşun stresinde de hem 150 ppm hem de 300 ppm Pb dozunda en fazla etkilenen genotiplerdir.

Patlıcan bitkisinin kurşun gibi ağır metal kaynaklı yerlerden uzak yerlerde üretimi yapılırsa da bu ve bunun gibi abiyotik stres unsurları zaman içerisinde etkisini gösterir. Bu yüzden anaç ve genotiplerin ağır metal kaynaklı stres unsurlarına karşı bitkinin ileri gelişme düzeylerinde verdikleri cevaplar ve toleranslarındaki değişimin saptanması da son derece önemlidir. Bundan sonra ki çalışmalarda özellikle bitkinin ilerleyen gelişim döneminde çiçeklenme ve meyvede ağır metal birikiminin hangi düzeyde olacağı belirlenmeli ve bunun fizyolojik, biyokimyasal ve genetik düzeyde araştırılması planlanmalıdır. Üzerine aşılana kültür çeşidine toksik ağır metalleri aktarmayan yani bünyesine ağır metali almayan anaçların yetiştiricilikte kullanılabilmesi için uygun anaçların belirlenmesi yararlı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abrahams, P. W. (2002). Soils: Their implications to human health. *Science Total Environ*, 291(1), 1–32.
- Albering, J. H., Van Leuson, S. M., Moonen, E. J. C., Attogewerff, J. A. and Kleinjans, J. C. S. (1999). Human health risk assessment: A case study involving heavy metal soil contamination after the flooding of river meuse during the winter of 1993-1994. *Environmental Health Perspectives*, 107(1), 1-13.
- Alscher, R. G., Donahue, J. L. and Cramer, C. L. (1997). Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells. *Physiologia Plantarum*, 100(2), 224-233.
- Antonovics, J., Bradshaw, A. D. and Turner, R. G. (1971). Heavy metal tolerance in plants. *Advances in Ecological Research*, 7(1), 2–85.
- Arao, T., Takeda, H. and Nishihara, E. (2008). Reduction of cadmium translocation from roots to shoots in eggplant (*Solanum melongena*) by grafting onto *Solanum torvum* rootstock. *Soil Science & Plant Nutrition*, 54(4), 555-559.
- Arvanitoyannis, I. S., Khan, E. M., Christakou, E. C. and Bletsos, F. A. (2005). Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(1), 311-322.
- Ashraf, U., Kanu, A. S., Deng, Q., Mo, Z., Pan, S., Tian, H. and Tang, X. (2017). Lead (Pb) toxicity; physio-biochemical mechanisms, grain yield, quality, and Pb distribution proportions in scented rice. *Frontiers in Plant Science*, 8, 259.
- Ashraf, U., Kanu, A. S., Mo, Z., Hussain, S., Anjum, S. A., Khan, I. and Tang, X. (2015). Lead toxicity in rice: effects, mechanisms, and mitigation strategies—a mini review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 18318-18332.
- ATSDR. (2007). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological Profile for Lead*. Atlanta, Georgia, USA: ATSDR,
- Balkaya, A. (2013). Aşılı Karpuz Yetiştiriciliğinde Meyve Kalitesini Etkileyen Faktörler. *TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 2(6), 6-9.
- Bergman, E. L. (1985). *Nutrient solution culture of plants*. The Pennsylvania State University College of Agriculture, Extension Service Horticultural Mimeo Series II, 160. 21.
- Chaoui, A., Mazhoudi, S., Ghorbal, M. H. and El Ferjani E. (1997). Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Science*, 139-47.
- Chatterjee, C., Dube, B. K., Sinha P. and Srivastava P. (2004). Detrimental effects of lead phytotoxicity on growth, yield, and metabolism of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(1), 255–265.

- Clemens, S. (2006). Toxic metal accumulation, response to exposure and mechanism of tolerance in plants. *Biochimie* 88(1), 1707–1719.
- Cobbett, C. S. (2000). Phytochelatin biosynthesis and function in heavy-metal detoxification. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(1), 211-216.
- Cotté-Krief, M. C., Guieu C., Thomas A. J. and Martin J. M. (2000). Sources of Cd, Cu, Ni and Zn in Portuguese coastal waters. *Marine Chemistry*, 71(1), 199-214.
- Çakmak, I., Atlı, M., Kaya, R., Evliya, H. and Marschner, H. (1995). Association of High Light and Zinc Deficiency in Cold-Induced Leaf Chlorosis in Grapefruit and Mandarin Tress. *Journal Plant Physiology*, 146(1), 355-360.
- Çay, Ş. (2014). *Ağır metal iyonlarıyla kirletilmiş toprakların karadeniz bölgesinde yetişen bazı süs bitkileri kullanılarak temizlenebilirliğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 15-56.
- Çürük, S., Dasgan, H. Y., Mansuroğlu, S., Kurt, Ş., Mazmanoğlu, M., Tarla, G. and Durgaç, C. (2010). Leaf mineral composition of grafted eggplant grown in soil infested with *Verticillium* and root-knot nematods. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* Brasilia, 45(8), 879-885.
- Çürük, S., Dasgan, H. Y., Mansuroğlu, S., Kurt, Ş., Mazmanoğlu, M., Antaklı, Ö. and Tarla, G. (2009). Grafted eggplant yield, quality and growth in infested soil with *Verticillium Dahliae* and *Meloidogyne incognita*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(12), 1673-1681.
- Dağhan, H., Uygur, V., Köleli, N., Arslan, M. and Eren, A. (2013). Transgenik ve transgenik olmayan tütün bitkilerinde ağır metal uygulamalarının azot, fosfor ve potasyum alımına etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 19(2), 129-139.
- De Abreu, C. A., de Abreu, M. F. and de Andrade, J. C. (1998). Distribution of lead in the soil profile evaluated by DTPA and Mehlich-3 solutions. *Bragantia*, 57(1), 185-192.
- Demirezen, D. and Aksoy, A. (2006). Heavy Metal Levels In Vegetables In Turkey are within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. *Journal of Food Quality* 29(1), 252–265.
- Dietz, K. J., Krämer, U. and Baier, M. (1999). *Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity*. Heidelberg: Springer.
- Dökmeci, A. H., Çelik, Ö., Kaykıoğlu, G. ve Öngen, A. (2017). Tekirdağ'da Çorlu ilinde endüstriyel alanlardaki toprakta ağır metal kirliliğinin çevresel ve insan sağlığı açısından etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 256-263.
- Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D. and Zengin, M. (2004). Heavy Metal Contents of *Pinus Radiata* Trees of İzmit (Turkey). *Asian Journal of Chemistry*, 16(2), 1129-1134.

- Edelstein, M., Plaut, Z. and Ben-Hur, M. (2010). Sodium and chloride exclusion and retention by non-grafted and grafted melon and Cucurbita plants. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 177-184.
- Eker, S. (2002). *Yapraktan Azot Uygulamasının Limon ve Mandarinde Düşük Sıcaklık Stresine Etkisinin Antioksidatif Savunma mekanizmaları Açısından Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1-50.
- Eren, A. ve Mert, M. (2017). Ağır metal (Ni, Cd ve Cu) uygulamalarının andız otu, fener otu ve sığırkuyruğu bitkilerinin büyüme ve gelişmesi üzerine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 50-58.
- Eun, S. O., Youn, H. S. and Lee, Y. (2000). Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, 110(3), 357-365.
- Evans, G. M., Furlong, J. C. (2003). *Environmental Biotechnology, Theory and Application*, University of Durham, UK and Taurus Biotech Ltd., 285.
- Fargasova, A. (1994). Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *sinapis alba* seeds. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 52(3), 452-456.
- Foyer, C.H., Lendais, M. and Kunert, K. (1994). Photooxidative stress in plants. *Physiology Plant*, 92(1), 696-717.
- Ghani, A., Shah, A.U. and Akhtar, U. (2010). Effect of lead toxicity on growth, chlorophyll and lead (Pb) content of two varieties of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(9), 887-891.
- Ghiani, A., Fumagalli, P., Nguyen Van, T., Gentili, R. and Citterio, S. (2014). The combined toxic and genotoxic effects of Cd and As to plant bioindicator *Trifolium repens* L. *PLOS ONE*, 9(6), 99239.
- Godbold, D. L. and Kettner, C. (1991) Lead influences root growth and mineral nutrition of *Picea abies* seedlings. *Journal Plant Physiology* 139(1), 95-99.
- Goyer, R. A. (1991). *Toxic effects of metals*. New York: Pergamon Press, 12-36.
- Groppa, M. D., Rosales, E. P., Iannone M. F. and Benavides, M. P. (2008). Nitric oxide, polyamines and Cd-induced phytotoxicity in wheat roots. *Phytochemistry* 69(1), 2609-2615.
- Guo, B., Liang, Y. and Zhu, Y. (2009). Does salicylic acid regulate antioxidant defense systems, cell death, cadmium uptake and partitioning to acquire cadmium tolerance in rice. *Journal Plant Physiology*, 166(1), 20-31.
- Güneş, A. (2006). *Mercimek ve nohut bitkilerinde kuraklığa bağlı oksidatif stres ve fizyolojik tolerans mekanizmalarının belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu.

- Güvercin, D. (2017). Sorgum tohumlarında ağır metal stresi etkilerinin hafifletilmesinde bazı bitki büyüme regülatörlerinin rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Dergisi*, 21(3), 886-893
- Häussling, M., Jorns, C. A., Lehmbecker, G., Hecht-Buchholz, C. and Marschner, H. (1988). Ion and water uptake in relation to root development in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Journal Plant Physiol*, 133(486), 80042-7.
- He, Y., Zhu, Z., Yang, J., Ni, X. and Zhu, B. (2009). Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environmental and Experimental Botany*, 66(1), 270-278.
- Horvat, T., Vidakovic-Cifrek, Z., Orescanin, V., Tkalec, M. and Pevalek-Kozlina, B. (2007). Toxicity assessment of heavy metal mixtures by lemna minor. *Science of The Total Environment*, 384(1-3), 229-238.
- Huang, J. W. and Cunningham, S. D. (1996) Lead Phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation. *New Phytologist*, 134(1), 75-84.
- Huang, J. W., Grunes, D. L. and Kochian, L. V. (1994) Voltage dependent Ca^{2+} influx into right-side-out plasmamembrane vesicles isolated from wheat roots: characteristic of a putative Ca^{2+} channel. *Proceedings of the National Academy Science USA* 91(1), 3473-3477.
- Hutchinson, T. C. (1984). Adaptation of plants to atmospheric pollutants. *Ciba Foundation Symposium*, 102(1), 52-72.
- İnternet: Puthotá, V., Cruz-Ortega, R., Johnson, J. and Ownby, J. (1991). *An ultrastructural study of the inhibition of mucilage reaction in the wheat root cap by aluminium. Plant-Soil Interactions at Low pH.* URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Fcontent%2Fpdf%2Fbfm%253A978-94-011-3438-5%252F1.pdf&date=2018-08-01>, Son Erişim Tarihi: 17.03.2014”
- Jackson, P. J., Unkefer, P. J., Delhaize, E. and Robinson, N. J. (1990). *Mechanisms of trace metal tolerance in plants*. San Diego: Academic Press.
- Janmohammadi, M., Bihamta, M. R. and Ghasemzadeh, F. (2013). Influence of Rhizobacteria inoculation and lead stress on the physiological and biochemical attributes of wheat genotypes. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 46(1), 49-67.
- Jarvis, M. D. and Leung, D. W. M. (2002). Chelated lead transport in *Pinus radiata*: an ultrastructural study. *Environmental and Experimental Botany*, 48(1), 21-32.
- Jasieniuk, M., Brûlé-Babel, A. L. and Morrison, I. N. (1996). The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. *Weed Science*, 44(1) 176-193.
- Joiner, J. N. (1983). Nutrition and fertilization of ornamental greenhouse crops, J. Janick (ed.). IN: *Horticultural reviews*. Westport, CT: AVI Pub. Co.

- Jones, B. J. (1983). *A guide for the hydroponic and soilless culture grower*. Beaverton, Oregon: Timber Press.
- Jones, L. H. P., Clement, C. R. and Hopper, M. J. (1973). Lead uptake from solution by perennial ryegrass and its transport from roots to shoots. *Plant Soil*, 38, 403-414.
- Jump, A. S. and Peñuelas, J. (2005). Running to stand still: Adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*, 8, 1010–1020.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1984). *Trace Elements in Soils and in Plants*. Boca Raton, Florida CRC Pres, 1-8.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2003). *Metallerin çevresel etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
- Kaltz, O., and Shykoff, J. A. (1998). Local adaptation in host–parasite systems *Heredity*, 81, 361–370.
- Karaağaç, O. and Balkaya, A. (2013). Interspecific Hybridization and Hybrid Seed Yield of Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) Lines for Rootstock Breeding. *Scientia Horticulturae*, 149(1), 9-12.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş. (2014). Tuz Stresine Tolerans Seviyeleri Belirlenmiş Bazı Genotiplerin Kuraklık Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. *Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu: A-02.P04*, Ankara.
- Kim, D.Y., Bovet, L., Maeshima, M., Martinoia, E. and Lee, Y. (2007). The ABC transporter AtPDR8 is a cadmium extrusion pump conferring heavy metal resistance. *Plant Journal*, 50, 207–218
- King, S.R., Davis, A.R., Zhang, X. and Crosby, K. (2010). Genetics, breeding and selection of rootstocks for *Solanaceae* and *Cucurbitaceae*. *Scientia Horticulturae*, 127(1), 106-11
- Konate, A., He, X., Rui, Y. K. and Zhang, Z. Y. (2017). *Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles alleviate growth inhibition and oxidative stress caused by heavy metals in young seedlings of cucumber (Cucumis Sativus L)*. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing, China.
- Kopyra, M., ve Gwozdz, E.A. (2003). Nitric Oxide Stimulates Seed Germination and Counteracts the Inhibitory Effect of Heavy Metals and Salinity on Root Growth of *Lupinus luteus*, *Plant Physiology and Biochemistry*, 41(1), 1011-1017.
- Kumar, A., Prasad M. N. V. and Sytar O. (2012). Lead toxicity, defense strategies and associated indicative biomarkers in *Talinum triangulare* grown hydroponically. *Chemosphere*, 89(9),1056-65.
- Lamhamdi, M., Bakrim, A., Aarab, A., Lafont, R. and Sayah, F. (2011). Lead Phytotoxicity and Wheat (*Triticum aestivum* L.) *Seed Germination and Seedlings Growth*. *Comptes Rendus Biologies*, 334(2), 118-126.

- Lee, J. M. (1994). Cultivation of Grafted Vegetables I. Current Status, Grafting Methods and Benefits. *Hort Science*, 29(4), 235-239.
- Linhart, Y. B. and Grant, M. C. (1996). Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 27, 237–277.
- Magda, P. (2006) Physiological changes and defense mechanisms induced by cadmium stress in maize. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 169(1), 239–246.
- Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E. and Somersalo, S. (1999). Photosynthetic Response of Drought and Salt-Stressed Tomato and Turnip Rape Plants to Foliar- Applied glycinebetaine. *Physiology Plants*, 105(1), 45-50.
- Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C. and Carvajal, M. (2010). Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 112-118.
- Mathe-Gasper, G., Mathe, P., Szabo, L., Orgovanyi, B., Uzinger, N. and Anton, A. (2005). Heavy metal pollution. *Acta Biologica Szegediensis*, 49(1-2), 71- 73.
- Metwally, A., Finkemeier, I. and Georgi, M. and Dietz, K. (2003). Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiology*, 132(1), 272–281.
- Miranda, M.G. and Ilangoan, K. (1996). Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(6), 1000-1007.
- Novotny, V. (1995). Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters. Germany: Springer, 32-52.
- Okuda, T., Matsuda, Y., Yamanaka, A. and Sagisaka, S., (1991). Abrupt Increase in the Level of Hydrogen Peroxide in Leaves of Wheat is Caused by Cold Treatment. *Journal Plant Physiology*, 97(1), 1265-1267.
- Paivoke, A. E. A. (2002). Soil lead alters phytase activity and mineral nutrient balance of *Pisum sativum*. *Environmental and Experimental Botany*, 48(1), 61-73.
- Pena, R. D. and Hughes, J. (2007). Improving vegetable productivity in a variable and changing climate. *SAT eJournal.icrisat.org.*, 4(1), 1-22.
- Piomelli, S. (2000). *Lead poisoning*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 5-50.
- Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P. Krantev, A. P. and Szalai, G., (2009). Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology Biochemistry*, 47(1), 224-31.
- Pourrut, B., Shahid M., Camille D., Peter W. and Eric P. (2011). Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants. *Reviews Environmental Contamination and Toxicology*. 213(1), 113–136.

- Rodriguez-Serrano, M., Romero-Puertas, M. C., Zabalza, A., Corpas, F. J., Gomez, M. and del Rio, L. A. (2006). Cadmium effect on oxidative metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) roots. Imaging of reactive oxygen species and nitric oxide accumulation in vivo. *Plant Cell Environmental*, 29(1), 1532-44.
- Rouphael, Y. Cardarelli, M. Colla, G. and Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *Hort Science*, 43(3), 730-736.
- Sales, A., Alvarez, A., Areal, M. R., Maldonado, L., Marchisio, P., Rodrfgueza, M. and Bedascar, E. (2006) The effect of different propolis harvest methods on its lead contents determined by ETAAS and UV-visS. *Journal of Hazardous Materials*, 137(1), 1352-1356.
- Sandalio, L. M., Dalurzo, H. C., Gomez, M., Romero-Puertas, M. C. and del Rio, L. A. (2001). Cadmium induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 1(52), 2115-2126.
- Savvas, D., Colla, G., Rouphael, Y. and Schwarz, D. (2010). Amelioration of heavy metal and nutrient stress in fruit vegetables by grafting. *Scientia Horticulturae*, 127(2), 156-161.
- Scheffer, F. and Schachtschabel, P. (1989). *Lehrbuch der Bokerkunde*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. 17-19.
- Seçmen, Ö., Gemici Y., Görk G., Bekat, L. and Leblebici E. (2008). *Tohumlu bitkiler sistematığı kitabı*, İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi.
- Seregin, I. V., Shpigun, L. K. and Ivaniov, V. B. (2004). Distribution and toxic effects of cadmium and lead on maize roots. Russ. *Journal Plant Physiology*, 51(1), 525-533.
- Shah, K., Kumar, R. G., Verma, S. and Dubey, R. S. (2001). Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Science*, 161(1), 1135-1144.
- Shahid, M., Pinelli E., Pourrut B., Silvestre J. and Dumat C. (2011). Lead-induced genotoxicity to *Vicia faba* L. roots in relation with metal cell uptake and initial speciation. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 74(1), 78–84.
- Sharma, N. C., Sahi, S. V. and Jain, J. C. (2005). *Sesbania drummondii* cell cultures: ICP-MS determination of the accumulation of Pb and Cu. *Microchemical Journal*, 81(1), 163-169.
- Sharma, P. and Dubey R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 17(1), 35–52.
- Sharma., P. and Shanker Dubey, R. (2005). *Lead toxicity in plants*. India: Banaras Hindu University Varanasi, 100-121.

- Sieghard, H. (1988). Schwermetall- und Narelementgehalte von Pflazen und Bodenproben schwermetallhaltiger Halden im Raum Bleiberg in Karnten (Osterreich). *Bodenk* 151(1)21-26.
- Somers, E. (1974). The toxic potential of Trace Metals in Foods. *A Review*, 39(1), 215,217.
- Stagnarı, F., Galieni, A., Specca, S. and Pisante, M. (2014). Water stress effects on growth, yield and quality traits of red beet. *Scientia Horticulture*, 165(1), 13-22.
- Steffens, J. C., Hunt, D. F. and Williams, B. G. (1986). Accumulation of non-protein metal-binding polypeptides -glutamyl-cysteinyl glycine in selected cadmium-resinstant tomato cells. *Journal Biological Chemistry*, 261(1),1389-13882.
- Steffens, J.C. (1990). The heavy metal-binding peptides of plants. Annu. Review. *Plant Physiology Plant Moloculer Biology*, 41(1), 553-575.
- Sugiyama, M. A. N. and Arao, T. (2007). Role of roots in differences in seed cadmium concentration among soybean cultivarsproof by grafting experiment. *Plant and Soil*, 295(1),1-11.
- TKKY (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği), 31.05.2005 Resmi Gazete, 25831.
- Topal, M. N., Kıran, S., Ateş, Ç. E. M., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Tıprıdamaz, R., Furtana, G. B. ve Sönmez, K. (2017). Kuraklık ve tuz stresine toleransı yüksek patlıcan ıslah hatlarında ağır metal (Pb) toleransının belirlenmesine yönelik olarak ticari anaçlarla mukayeseli bir çalışma. *Derim*, 34(1),1-10.
- Toppi, L. S. D. and Gabrielli, R. (1999). Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experemental Botany*, 41(1), 105-30.
- Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S. and Seniz, V. (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142-149.
- Uysal, Y. and Taner, F. (2009). Effect of Ph, temperature, and lead concentration on the bioremoval of lead from water using lemna minor. *International Journal of Phytoremediation*, 11(1), 591-608.
- Van Assche, F. and Clijsters, H. (1990). Effects of metals on enzyme activitiy in plants. *Plant Cell Environmental*, 13(1), 195-206.
- Verklaij, J. A. C. and Schat, H. (1990). *Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutuonary Aspects*, (eds), A.J. Shaw, CRC Press, Boca Raton, 179-193.
- Verma, S. and Dubey R. S. (2003). Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science*, 164(1), 645-655.
- Vural, N. (1984). *Toksikoloji*. Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 25-65.

- Wallace, A., Wallace, G. A. and Cha, J. W. (1992). Some modification in trace metal toxicities and deficiencies in plants resulting from interactions with other elements and chelating agents-the special case of iron. *Journal of Plant Nutrition*, 15(1), 1589-1598.
- Wickfors, G. H and Ukeles, R. (1982). Growth and adaption of estuarine unicellular algae in media with excess copper, cadmium or zinc. *Marine Ecology Progress Series-Journals*, 7(1), 191-206.
- Xu, J., Yin, H. X. and Li, X. (2009). Protective effects of proline against cadmium toxicity in micropropagated hyperaccumulator, *Solanum nigrum* L. *Plant Cell Reports*, 28(1), 325-33.
- Yaşar, F. (2003). *Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin İn Vitro ve İn Vivo Olarak İncelenmesi*, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 56-70.
- Yılmaz, K., Akıncı, İ. E. and Akıncı, S. (2009). Effect of lead accumulation on growth and mineral composition of eggplant seedlings (*Solanum melongena*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(3),189-199.
- Yılmaz, S., Celik, I. and Zengin, S. (2011). Combining effects of soil solarization and grafting on plant yield and soil- borne pathogens in cucumber. *International Journal of Plant Production*, 5(1), 95-104.
- Yong, H., Yang, J., Zhu, B. and Zhu, Z. (2014). Low root zone temperature exacerbates the ion imbalance and photosynthesis inhibition and induces antioxidant responses in tomato plants under salinity. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(1), 89-99.
- Yong, X., Zhang, Z. and Yang, Q. (2011). Effect of lead stress on growth characteristic and physiological indexes of *Alternanthera philoxeroides*. *Agricultural Science & Technology Hunan*, 12(3), 347-349.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TOPAL, Mevlüde Nur
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.08.1992, Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 05319883538
e-mail : nurtopal92@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Biyoloji	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi Biyoloji Bölümü	2014
Lise	Dikmen Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	ZARA Taurus	Satış Danışmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Topal, M. N., Kıran, S., Ateş, Ç. E. M., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Tıprıdamaz, R., Furtana, G. B. ve Sönmez., K. (2017). Kuraklık ve tuz stresine toleransı yüksek patlıcan ıslah hatlarında ağır metal (Pb) toleransının belirlenmesine yönelik olarak ticari anaçlarla mukayeseli bir çalışma. *Derim*, 34(1), 1-10

Hobiler

Sinema, Spor, Alışveriş



GAZİ GELECEKTİR..